

### Fuzzy-Logik für die Soziologie

Kron, Thomas

Veröffentlichungsversion / Published Version

Zeitschriftenartikel / journal article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

SSG Sozialwissenschaften, USB Köln

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Kron, T. (2005). Fuzzy-Logik für die Soziologie. *Österreichische Zeitschrift für Soziologie*, 30(3), 51-88. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-197435>

#### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

#### Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

- Schmitz, Hermann 1994: Der gespürte Leib und der vorgestellte Körper. In: Großheim, Michael (Hg.): Wege zu einer volleren Realität. Neue Phänomenologie in der Diskussion. Berlin: 75–91.
- Servaes, Sylvia 1996: Gewalt so nötig wie Wasser? In: Orywal, Erwin; Rao, Aparna; Bollig, Michael (Hg.): Krieg und Kampf. Die Gewalt in unseren Köpfen. Berlin: 157–170.
- Sofsky, Wolfgang 1996: Traktat über die Gewalt. Frankfurt a. M.
- Sofsky, Wolfgang 2002: Zeiten des Schreckens. Amok, Terror, Krieg. 2. Aufl., Frankfurt a. M.
- Sutterlüty, Ferdinand 2002: Gewalterfahrung als Motiv. Gespräche mit jugendlichen Tätern. In: Kursbuch 147, März 2002: Gewalt. Berlin: 106–118.
- Trotha, Trutz von 1997: Zur Soziologie der Gewalt. In: Ders. (Hg.): Soziologie der Gewalt. KZfSS, Sh. 37, Opladen/Wiesbaden: 9–56.
- Trüller, Dirk 1999: Die Macht der Gefühle – Gefühle der Macht. Gewaltphantasien und Emotionalität in der Musikszene rechter Skins. In: Neckel, Sighard; Schwab-Trapp, Michael (Hg.): Ordnungen der Gewalt. Beiträge zu einer politischen Soziologie der Gewalt und des Krieges. Opladen: 55–69.
- Villa, Paula-Irene 2000: Sexy Bodies. Eine soziologische Reise durch den Geschlechterkörper. Opladen.
- Zucker, Lynne G. 1988: Where Do Institutional Patterns Come From? Organizations as Actors in Social Systems. In: Dies. (Hg.): Institutional Patterns of Organization: Culture and Environment. Cambridge: 23–49.

Thomas Kron

## Fuzzy-Logik für die Soziologie<sup>1</sup>

In dem Beitrag wird Fuzzy-Logik als mögliche neue Grundlage für die Soziologie vorgestellt. Nach einer allgemeinen Einführung in die Grundlagen werden bestimmte Vorteile der Fuzzy-Logik für die Empirie am Beispiel der sog. „Qualitativ-vergleichenden Analyse“ (QCA) und für die soziologische Theorie am Beispiel der Handlungstheorie von Hartmut Esser exemplarisch vorgeführt. Insgesamt verspricht der Einsatz von Fuzzy-Logik für die Soziologie eine einfachere Modellierung komplexer sozialer Sachverhalte, als dies bisher möglich gewesen ist.

As it is rather generally admitted today, that the terms of our language in scientific as well as in everyday use, are not completely precise, but exhibit a more or less high degree of vagueness.

Carl G. Hempel (1939, S. 170)

### Einleitung

Die westliche Wissenschaftsgemeinschaft ist durch eine bivalente Denkweise geprägt. Das Bivalenzprinzip bzw. Prinzip der Zweiwertigkeit bedeutet allgemein, dass jeder Satz entweder wahr oder falsch sein muss, unabhängig von unserer Fähigkeit, seinen Wahrheitswert festzustellen. Etwas genauer folgen aus dem Prinzip der Zweiwertigkeit zwei aristotelische Grundsätze<sup>2</sup>:

1) das *Prinzip vom Ausgeschlossenen Widerspruch* (auch: Satz vom Widerspruch, Prinzip vom Widerspruch, Kontradiktionsprinzip), das besagt: Keine Aussage ist zugleich wahr und falsch [ $\text{Aussage } x = \text{nicht}(A \cap \text{nicht}A)$ ]

2) das *Prinzip vom Ausgeschlossenen Dritten* (auch *tertium non datur* genannt), das besagt: Jede Aussage ist wahr oder falsch [ $\text{Aussage } x = A \cup \text{nicht}A$ ]

Diese Anschauung ist auch Fundament vieler soziologischer Theorien und Methoden. In diesem Beitrag soll es darum gehen, eine alternative Basis vorzustellen, die nicht dem Zweiwertigkeitsprinzip folgt: *Fuzzy-Logik*. Damit

wird *nicht* behauptet, dass auf Bivalenz beruhende Theorien oder Methoden falsch seien. Vielmehr soll gezeigt werden, dass eine von der Soziologie bislang unberücksichtigte alternative mathematische Theorie vorhanden ist, die bestimmte Vorteile mit sich bringt. In einem ersten Schritt werde ich die Grundprinzipien erläutern, um dann an zwei Beispielen zu zeigen, wie Fuzzy-Logik konkret in Empirie und Theorie angewendet werden kann.

## Fuzzy-Logik

Fuzzy-Logik ist mehr als nur eine Methode: Es ist eine Weltanschauung, so zumindest Bart Kosko (1995, S. 12; vgl. Kosko 1992, 1995, 1997, 2001), einer der führenden gegenwärtigen Vertreter der Fuzzy-Logik. Ist der Glaube an die *Bivalenz* ein der westlichen (Wissenschafts-)Kultur eingeschriebenes, kaum mehr hinterfragtes aristotelisches „Gesetz“ – ein „Probability Monopol“ (Kosko 1994) –, das sich vor allem in der Modellierung der Welt über *binäre Codierungen* (paradigmatisch mit 0 und 1 bei Computern) ausdrückt, so betont Fuzzy-Logik die *Polyvalenz* der Weltbetrachtung, wie es in vielen östlichen Glaubenssystemen verankert ist.<sup>3</sup> Diese Polyvalenzen<sup>4</sup> sind nicht nur einer Ungenauigkeit von Messmethoden geschuldet, d. h., es geht nicht nur um Vagheiten über die Ergebnisse eines an sich „präzisen“ entscheidenden Systems. Vielmehr geht es um die *Vagheit des Systems* selbst, um dessen „Fuzziness“. Fuzzy-Logik „refers to the uncertainty of the systems per se. A Fuzzy set is a collection of objects without clear boundaries. In a Fuzzy system, there is a transition area where things can belong to either opposite. [...] A probabilistic statement concerns the uncertainty among a fixed, unambiguous set of outcomes; a statement of fuzziness concerns uncertainty in the meaning of the outcomes themselves. The uncertainty in a Fuzzy set is to a large extent the uncertainty of the system per se.“ (Zhang/Brody/Whright 1994, S. 172) Und ganz eindeutig muss nach Hempel dieses Faktum in der Wissenschaft in Rechnung gestellt werden: „However, the occurrence of symbols with a high degree of vagueness may suggest a modification in the logical structure of the conceptual apparatus of science, namely the transition from non-gradable to gradable concepts; this procedure is in fact frequently carried out, and it contributes very essentially to a diminution of vagueness in scientific language.“ (Hempel 1939, S. 180) Die einzige vollständige „Gewissheit“, die es tatsächlich gibt, ist, wenn wir Tautologien ausnehmen, die der Mathematik – einem künstlich geschaffenen, in sich logischen System, „Die logische Aussage ‚zwei ist gleich zwei‘ und die mathematische Aussage  $2 + 2 = 4$  sind genau und hundertprozentig wahr – wahr, wie die Philosophen sagen, ‚in allen möglichen Universen‘. Doch das hat nichts damit zu tun, wie Atome umherwirbeln, wie Universen sich ausdehnen, wie Erdbeeren schmecken oder wie sich eine Ohrfeige anfühlt.“ (Kosko 1995, S. 19)

Zur Modellierung von Fuzziness operiert Fuzzy-Logik mit *Zugehörigkeitsgraden*. Dazu ein klassisches Beispiel, die Körpergröße von verschiedenen Männern. Nehmen wir an, wir würden die in Tabelle 1 verzeichneten Körpergrößen vorfinden.

**Tabelle 1: Körpergrößen von Männern**

Name	Größe in Metern
Carl	1,62
Johannes	1,70
Jürgen	1,79
Niklas	1,81
Uwe	1,90
Hartmut	2,07

Unser Alltagsverständnis von Körperlängen würde wohl mit der Aussage übereinstimmen, dass Uwe und Hartmut groß sind und dass Carl klein ist. Was aber ist mit Jürgen und Niklas? Wenn wir eine klare Trennlinie bei 1,80 m ziehen würden, wäre Niklas groß und Jürgen klein, obwohl nur ein geringer Unterschied zwischen beiden Größen besteht. Beide sind – bezogen auf Zugehörigkeitsgrade – sowohl große als auch kleine Männer, allerdings zu einem unterschiedlichen Grad. Niklas ist zu einem etwas höheren Grad ein größerer Mann als Jürgen. Würde man sich sehr viele Männer in einer Reihe vorstellen, bei denen sich die Größe von jeweils nebeneinander Stehenden nur sehr gering unterscheidet, dann käme das Paradox zum Vorschein, dass man, auch wenn man die Maßeinheit verfeinert, nicht sagen könnte – es sei denn, durch willkürlich Setzung – wo die Grenze für große/kleine Männer liegt.

Fuzzy-logische Operationen erlauben zu beschreiben, inwieweit ein Ereignis stattfinden *kann*, d. h., das Ergebnis ist per definitionem nicht eindeutig, vage, unscharf. Angezeigt wird der *Grad der Mühelosigkeit*, mit dem ein Ereignis stattfindet, in Bezug zur Zahl der Ereignisse, die überhaupt passieren können. Wir können nun die Stärke der Fuzziness wie folgt definieren: *Die Stärke der Fuzziness ist durch den Grad gekennzeichnet, zu dem eine Menge seinem eigenen Gegenteil entspricht*. Hier sieht man den schwerwichtigsten analytischen Vorteil von Fuzzy-Logik: „Of course, in crisp configurational analysis, the researcher can move back and forth between fully in and fully out, but cases cannot reside in the zone between fully in and fully out. This analytic restriction does not exist in Fuzzy-set social science.“ (Ragin 2000, S. 195)<sup>5</sup>

Der Vorteil der Modellierung mit Fuzzy-Logik in Beziehung zu der soziologisch üblichen *sinnsemantischen Modellierung* liegt damit auf der Hand. Die

sinnsemantische Modellierung umgibt, mit Mayntz (1967, S. 28) formuliert, eine „Aura des assoziativ Mitgedachten, die verbale Aussagen stets umgibt, über ihren ausdrücklichen Gehalt hinaus mit Wirklichkeit sättigt und auch in Grenzfällen noch zutreffend erscheinen lässt“. Deshalb liegt die verbale Modellierung zumeist näher an der Lebenswelt der Menschen, deren (Wechselverhältnis von) Strukturen und Handlungen die Soziologie beschreiben und erklären möchte, als die formale Modellierung mit mathematisch-statistischen Verfahren, die nur bivalente Ereignisse modellieren und keine graduellen Transitionen zulassen.

Es ist demnach sinnvoll, soziologisch-theoretische Überlegungen zunächst verbal zu modellieren und dabei Vagheiten mit zu berücksichtigen. Dies ist es, was die Soziologie oftmals in der Hauptsache macht – und es dabei belässt! Wäre es nicht besser, wenn es eine Methode gäbe, die sinnsemantische Modellierung durch eine formale Modellierung zu ergänzen, um Vagheiten bzw. Fuzziness präzise zu fassen?

Anders, mit Blick auf die weiteren Ausführungen formuliert: Fuzzy-Logik formalisiert sinnsemantische Ereignisse. Fuzzy-Logik zieht keine scharfe Linie zwischen A und nichtA, sondern geht von Vieldeutigkeiten zwischen A und nichtA aus. Das bedeutet, dass die verschiedenen Mengen ineinander enthalten sind (*Teil- oder Untermengigkeit*). Genauso wie die Menge „große Männer“ in der Menge „sehr große Männer“ enthalten ist, ist die Menge „sehr große Männer“ in der Menge „große Männer“ enthalten – wenn auch zu einem geringeren Grad. Fuzzy-Mengen zeichnen sich dadurch aus, dass die Sätze vom Ausgeschlossenen Dritten und vom Widerspruch nicht unbedingt gelten. Diese Grundsätze werden in der folgenden mathematischen Darlegung eingehend erörtert.

### *Rechnen mit Fuzzy-Logik*

Das Rechnen mit Möglichkeiten (Possibilistik) lässt sich mit den Booleschen Basis-Operatoren OR, AND sowie NOT genauso formalisieren wie das Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten, allerdings gelten andere Regeln. So gilt für zwei unabhängige Ereignisse A und B in der Possibilistik:

- UND:  $\text{Poss}(A \cap B) = \min((\text{Poss}A), (\text{Poss}B))$
- Für OR gilt:  $\text{Poss}(A \cup B) = \max((\text{Poss}A), (\text{Poss}B))$
- Für NOT gilt:  $A = 1 - (\text{Poss}A)$

Weitere soziologisch relevante Rechenoperationen sind:

- *Konzentration*. Hierbei geht es um die Steigerung eines Parameters, z. B. durch die sprachliche Verwendung von „sehr“. Im Alltagsverständnis werden so Zustände besonders betont, z. B. wenn man sagt, die stadtteigene Verwal-

tung sei „sehr bürokratisch“. Wichtig bei der Verwendung von Fuzzy-Logik ist, dass derartige Konzentrationen unterschiedliche Zugehörigkeiten ausdrücken, die aber eine bestimmte Form systematischer Beziehungen zueinander haben. Zur Berechnung der Menge „sehr A“ wird formal die Menge A quadriert. Eine Person mit der Zugehörigkeit von 0.9 in der Menge „reiche Männer“ hat also eine Zugehörigkeit von 0.81 in der Menge „sehr reiche Männer“.

$$\text{Konzentration } A = A^2$$

Auch die Negation „nicht sehr“ kann berechnet werden. Die gleiche Person mit der Zugehörigkeit von 0.9 in der Menge „reiche Männer“ und der Zugehörigkeit von 0.81 zu der Menge „sehr reiche Männer“ hat eine Zugehörigkeit von 0.19 in der Menge „nicht sehr reiche Männer“.

$$\text{Negative Konzentration } \bar{A} = 1 - A^2$$

- *Ausdehnung.* Im Gegensatz zur Konzentration meint Ausdehnung ein „mehr-oder-weniger“ einer Zugehörigkeit zu einer Menge. Eine Person kann mehr oder weniger Teil der Menge „reiche Männer“ sein. Berechnet wird die Ausdehnung über die Wurzel der Grundmenge, d. h. im Beispiel, die Person mit der Zugehörigkeit von 0.9 zu der Menge „reiche Männer“ hat eine Zugehörigkeit zur Menge „mehr oder weniger reiche Männer“ zum Grad von  $\sim 0.95$ .

$$\text{Ausdehnung } A = \sqrt{A}$$

Mit diesen fünf Prinzipien – UND, ODER, Negation (NOT), Konzentration, Ausdehnung – kann man Kombinationen verschiedener Bedingungen modellieren. Veranschaulicht an einem Beispiel von Ragin (2000, S. 178 f.): Nehmen wir als These an, dass Gesellschaften dann Anomie aufweisen, wenn sie sehr kapitalistisch und ethnisch heterogen sind oder wenn sie mehr oder weniger kapitalistisch, aber nicht sehr demokratisch sind. Mit den genannten Rechenoperationen können wir nun die Zugehörigkeit von Staaten zur Menge anomischer Gesellschaften bestimmen. Nehmen wir für den Staat X folgende empirisch ermittelte Teilmengenzugehörigkeiten an: kapitalistisch 0.3, demokratisch 0.4, ethnisch heterogen 0.95. Nun haben wir folgende Formel:

$$\begin{aligned} \text{Anomie des Staates X} &= \max((\min 0.3^2, 0.95), \min(\sqrt{0.3}, (1 - 0.4^2))) \\ &= \max((\min 0.09, 0.95), \min(0.55, 0.84)) \\ &= \max(0.09, 0.55) \\ &= 0.55 \end{aligned}$$

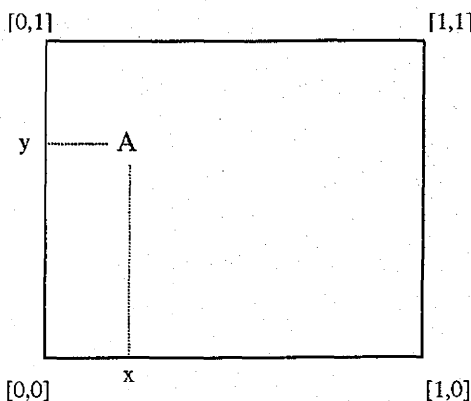
Der Staat X gehört also zu einem Grad von 0.55 zu der Menge anomischer Staaten.

## Der Fuzzy-Mengenwürfel

In der Fuzzy-Logik ist der Möglichkeitsraum mehr als die Kombination von Kategorien. Vielmehr müsste man sich einen multidimensionalen Vektorenraum vorstellen, mit so vielen Dimensionen, wie Fuzzy-Mengen vorhanden sind. Dazu hat Kosko (1995, S. 44 ff.) den „Fuzzy-Mengenwürfel“ erfunden bzw. weiterentwickelt. Die damit aufgebaute Beweisführung (die vor allem gegen die Wahrscheinlichkeitstheorie gerichtet ist) ist mathematisch bislang nicht widerlegt. Die Anwendung von Fuzzy-Logik als Methode zur soziologischen Modellierung wurde zwar an wenigen Stellen schon eingefordert (Li 1989; Montgomery 2000; Pipino/van Gigh 1981; Smithson 1998; Ragin 2000; Zhang/Brody/Whright 1994; zur wissenschaftstheoretischen Verwendung siehe Hempel 1939), doch bislang kaum eingelöst – obwohl etwa in der ökonomischen Entscheidungstheorie Fuzzy-Logik bereits Einzug in die Lehrbücher gehalten hat (z. B. Ott 2000; Rommelfanger/Eickemeier 2001).

Der Kosko'sche „Mengen-Würfel“ (Abbildung 1) beschreibt, zu welchem Grad Mengen bestimmten Parametern (Dimensionen) zugehörig sind. Dabei wird die Fuzzy-Menge aber nicht als Funktion über einer Grundmenge dargestellt, sondern als ein einziger Punkt in einem Raum, dessen Dimensionen der Anzahl der Elemente der Grundmenge entsprechen. Kosko nennt diese Elemente  $[x, y]$  „Fuzzy units“ oder „fits“, die im Gegensatz zu den bits den Grad der Zugehörigkeit mit einem Wert zwischen 0 und 1 angeben, der durch einfache Addition der fits gebildet wird. Die Menge aller dieser Zahlenpaare ist ein Quadrat mit der Seitenlänge 1, und ein Punkt A in dem Quadrat ist eine Fuzzy-Menge A  $[x,y]$ . Über die „Spiegelung am Mittelpunkt des Quadrats“

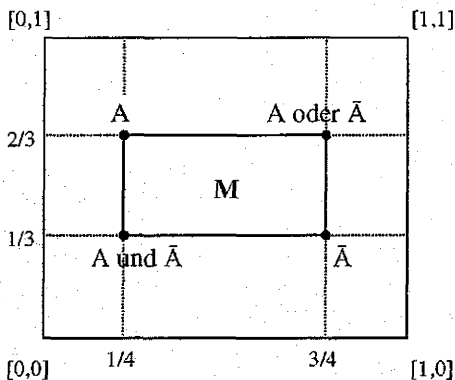
Abbildung 1: Der Kosko'sche Mengenwürfel





kann man zugleich die Menge nichtA bestimmen, d. h., wenn  $A [x,y]$ , dann ist nichtA  $[1-x, 1-y]$ . Mit diesen Mengen wiederum können die Durchschnitts- sowie die Vereinigungsmenge gebildet werden. Die Durchschnittsmenge (A-und-nichtA) wird durch das Minimum der Zugehörigkeitsfunktionen gebildet:  $A \cap \bar{A} = (\min(x,x'), \min(y,y'))$ . Und die Vereinigungsmenge zweier Mengen ist dementsprechend der Mengen-Punkt, der die weitestgehende rechteckige Ausdehnung beider Mengen beschreibt (McNeil/Freiberger 1992, S. 282 f.):  $A \cup \bar{A} = (\max(x,x'), \max(y,y'))$ . Die Menge M ist die fuzzigste von allen Mengen, die Kosko das „schwarze Loch der Mengenlehre“ nennt, in der die bekannten bivalenten Anschauungen ihre Gültigkeit verlieren, weil dort die Mengen A und nichtA sowie A-und-nichtA und A-oder-nichtA identisch sind (siehe Abbildung 2). D. h., hier werden mit den Möglichkeiten von  $A \cup \bar{A} \neq 1$  sowie  $A \cap \bar{A} \neq 0$  die genannten zentralen Theoreme des Zweiwertigkeitsprinzips verletzt.

Abbildung 2: Mengen im Mengen-Würfel



Wie „groß“ ist eine bestimmte Menge? Die Größe einer Menge A wird im Fuzzy-Mengen-Würfel wie bei der klassischen Mengenlehre, in der die Elemente der Mengen addiert werden, über die Summe der Koordinaten  $[x,y]$  bestimmt:

$$\text{Größe einer Menge A: } ||A|| = x + y$$

Dazu ein Beispiel. Nehmen wir an, sie sind Inhaber(in) eines Lehrstuhls an einer Universität und wollen wissen, inwieweit ihre zwei MitarbeiterInnen gerne für ihren Lehrstuhl arbeiten. Sie fragen die beiden bei der nächsten Mitarbeiterbesprechung und bitten sie, durch „Arm heben“ zu symbolisieren,

wie gerne sie arbeiten.  $x$  beschreibt den Grad, mit der Person  $P_1$  gerne arbeitet,  $y$  beschreibt den Grad mit der Person  $P_2$  gerne arbeitet. Die vier Ecken des Quadrats bilden, wenn wir bei dem Lehrstuhl-Beispiel bleiben, die Extremwerte der Menge gerne Arbeitender mit  $[0/0]$  (keiner arbeitet gerne),  $[1/0]$  und  $[0/1]$  (nur eine(r) arbeitet gerne) sowie  $[1/1]$  (alle arbeiten gerne).  $[0/0]$  ist die leere Menge,  $[1/1]$  beschreibt die volle Zugehörigkeit, die anderen Mengen sind scharfe Mengen mit voller Zugehörigkeit von eins oder null. Die vier Ecken zusammen umfassen den Bereich der zweiwertigen Logik. D. h., Fuzzy-Logik kann *auch* bivalente Ereignisse abbilden. Alles, was in dem Quadrat dargestellt wird, sind Fuzzy-Mengen. Man kann diese Mengen mit beliebig vielen Dimensionen (hier Personen) bilden, allerdings in einem nicht mehr begreifbaren unendlich-dimensionalen Würfel. Aber man kann damit rechnen.

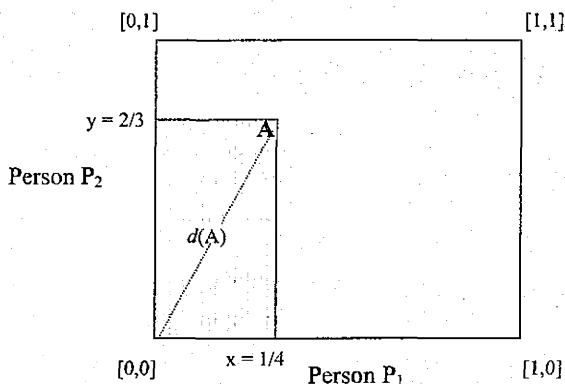
Die Größe der Menge der „gerne Arbeitenden“ wird hier über die Zahlenpaare  $(x, y)$  gebildet, die mit Werten zwischen 0 und 1 beschrieben werden. Eine Menge  $A$ , die z. B. durch die Fuzzy-Werte  $2/3$  und  $1/4$  gebildet wird (z. B. wenn die befragten Personen nur zögerlich und unvollständig ihre Arme heben), hat also eine Größe von  $\sim 0.92$ .

$$\|A\| = x + y = \frac{2}{3} + \frac{1}{4} = \frac{11}{12} = 0.91\bar{6}$$

Die Größe einer Menge lässt sich auch als Abstand  $d$  vom Nullpunkt deuten, d. h., je größer die Menge  $A$  ist, desto größer ist auch der Abstand  $d(A)$  vom Nullpunkt: Der Abstand zwischen einer Menge  $A [x,y]$  und einer Menge  $B [x',y']$  kann damit über die Koordinaten berechnet werden (Abbildung 3):

$$\text{Abstand zweier Mengen: } d(A,B) = |x - x'| + |y - y'|.$$

Abbildung 3: Menge „gerne Arbeitender“



Je geringer der Abstand zweier Mengen, desto „ähnlicher“ sind diese.<sup>6</sup> Setzt man klassische Mengen für A und B ein, dann gibt  $\text{Ähn}(A, B)$  den Anteil der Elemente an, die bezogen auf die Vereinigungsmenge in den Mengen A und B enthalten sind, was nichts anderes ist als

$$\text{Ähn}(A, B) = \frac{\|A \cap B\|}{\|A \cup B\|}.$$

Man kann nun zeigen, dass in dem Quadrat tatsächlich der Satz vom Ausgeschlossenem Dritten *nicht* mehr gilt. Wir bleiben bei dem Beispiel der „gerne Arbeitenden“ und nehmen an, beide haben den Arm gehoben, z. B., Person  $P_1$  hebt den Arm zu  $2/3$  und Person  $P_2$  zu  $1/4$ . Wir haben die Menge der gerne Arbeitenden A mit  $(A = 2/3, 1/4)$ . Das Gegenstück zu dieser Menge A wäre die Menge nichtA mit  $1/3$  und  $3/4$  ( $A = 1/3, 3/4$ ). Das Minimum bzw. das Maximum der Zugehörigkeitsfunktion bildet die Durchschnitts- bzw. die Vereinigungsmenge:

$$A \cap \bar{A} = (\min(2/3, 1/4), \min(1/3, 3/4)) = (1/4, 1/3)$$

$$A \cup \bar{A} = (\max(2/3, 1/4), \max(1/3, 3/4)) = (2/3, 3/4)$$

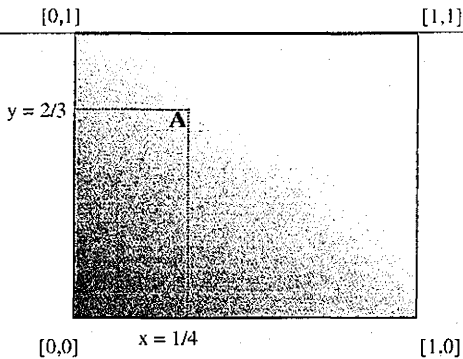
Nun sind A-oder-nichtA die Summe der Koordinaten, also  $2/3$  und  $3/4$ . Der bivalente Extremwert von  $[1/1]$  wird *nicht* erreicht. Auch der Satz von Widerspruch gilt nicht mehr, denn A-und-nichtA sind  $1/3$  und  $1/4$  und *nicht*  $[0/0]$ . Je ungenauer die Antworten werden, desto mehr schrumpft das innere Quadrat aus A, nichtA, A-oder-nichtA, A-und-nichtA auf den Mittelpunkt des Gesamt-Quadrats zusammen. Wenn alle Personen sowohl gerne arbeiten als auch nicht gerne arbeiten, ist  $A = \bar{A} = A \cap \bar{A} = A \cup \bar{A}$ . Das ist die fuzzigste Menge des Würfels, an der die aristotelischen Grundsätze ihre Gültigkeit verlieren.

### Boundarylessness und fuzzy-logische Entropie

Die Teilmengen-Eigenschaften zweier Mengen (und nicht der Elemente von Mengen) müssen ebenfalls fuzzifizierbar sein. Bisher bin ich davon ausgegangen, dass die Teilmengen von A in dem Kosko-Fuzzy-Würfel streng abgegrenzt sind, d. h., bisher haben sich die Mengen enthalten oder sie haben sich nicht enthalten. Im Sinne einer „boundarylessness“ hat Kosko (1995, S. 78 ff.) nun versucht, die Fuzzy-Teilmengigkeit von Fuzzy-Mengen zu bestimmen. Abbildung 4 (S. 60) veranschaulicht diese Unschärfe der Fuzzy-Menge A.

Derartige Fuzziness kann zunächst von ihrer Bedeutung her als *Entropie* aufgefasst werden: „Entropie meint den Grad der Ungewissheit oder Unord-

Abbildung 4: Unscharfe Fuzzy-Menge

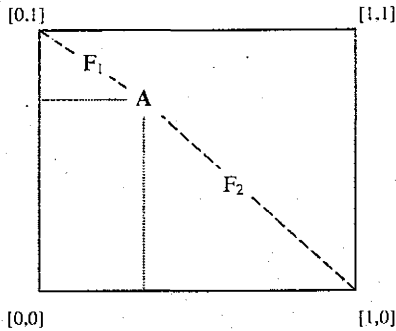


nung in einem System. Eine Menge beschreibt ein System oder eine Ansammlung von Dingen. Wenn die Menge fuzzig ist, wenn Elemente nur zu einem gewissen Grad zu ihr gehören, dann ist die Menge zu einem gewissen Grad unbestimmt oder vage. Die Fuzzy-logische Entropie misst diesen Grad." (Kosko 1995, S. 154) Die Entropie einer Menge lässt sich auch in dem Fuzzy-Mengenwürfel veranschaulichen. Die Stärke der Fuzziness (Entropie) einer Menge bestimmt sich dabei durch den Abstand zur nächst scharfen Menge der einen Dimension im Verhältnis zur scharfen Menge der anderen Dimension. Wenn wir also von einer Fuzzy-Menge A einen Faden  $F_1$  zur nächsten Ecke und einen anderen Faden  $F_2$  zur am weitesten entfernten Ecke ziehen, dann ist das Maß der fuzzy-logischen Entropie  $E(A)$  in Prozent der Quotient aus der Länge des Fadens  $F_1$  geteilt durch die Länge des Fadens  $F_2$  (Abbildung 5, S. 61).

In dem Fuzzy-Mengenwürfel wird schnell sichtbar, dass  $F_1$  die gleiche Länge hat wie von der leeren Menge  $[0/0]$  zu A-und-nichtA, und  $F_2$  hat die gleiche Länge wie von der leeren Menge  $[0/0]$  zu A-oder-nichtA (Abbildung 6, S. 61).

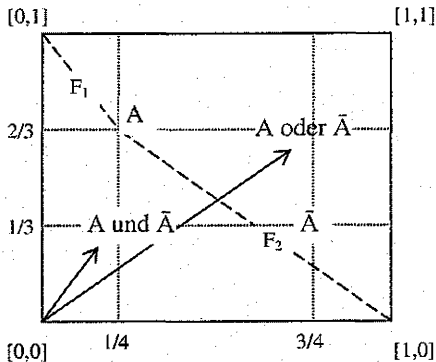
D. h., man kann die Entropie einer Menge A im Verhältnis zu den „schärfsten“ Mengen im Fuzzy-Mengenwürfel bestimmen, der leeren Menge  $[0,0]$  sowie der vollen Menge  $[1,1]$ , und muss nicht auf die schwieriger zugänglichen, weil dichotom scharf bestimmten Mengen  $[1,0/0,1]$  zugreifen, was der Formel für die Ähnlichkeit zweier Fuzzy-Mengen entspricht (siehe oben). Das Theorem über die fuzzy-logische Entropie sagt also, dass die Entropie  $E$  das Verhältnis von der Multivalenz  $(A \cap \bar{A})$  zur Bivalenz  $(A \cup \bar{A})$  beschreibt. Und wenn man eine Menge A hat, dann kann man – durch „Spiegelung über dem Mittelpunkt“ – auch nichtA herleiten und weiterhin A-und-nichtA sowie A-

Abbildung 5: Entropie einer Fuzzy-Menge I



$$\text{Entropie } E(A) = \frac{F_1}{F_2}$$

Abbildung 6: Entropie einer Fuzzy-Menge II



oder-nichtA. Die Größe der Menge bestimmt sich wie gesagt durch die Addition der jeweiligen Zugehörigkeiten. Die Formel für die Entropie einer Menge  $E(A)$  kann umgestellt werden zu

$$\text{Entropie } E(A) = \frac{A \cap \bar{A}}{A \cup \bar{A}}$$

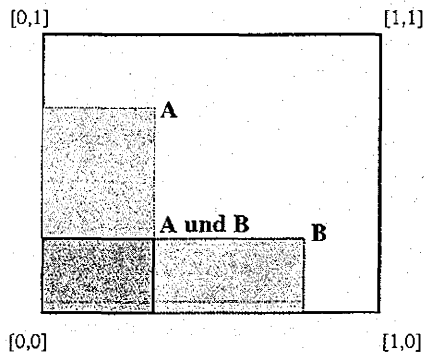
Insgesamt gilt: Kennt man die fits der Menge A, dann kennt man auch alle anderen relevanten Mengen und kann die fuzzy-logische Entropie der Menge A berechnen. Zur Verdeutlichung ein Beispiel: Nehmen wir an, die Menge A ist

bestimmt durch  $2/3$  und  $1/4$ . Dann ist nichtA bestimmt durch das Komplement  $1/3$  und  $3/4$ . Die größten Werte zusammen sind A-oder-nichtA (Vereinigungsmenge), also  $2/3$  und  $3/4$ . Die kleinsten Werte zusammen sind A-und-nichtA (Durchschnittsmenge), also  $1/4$  und  $1/3$ . Die Entropie  $E(A)$  ist damit:

$$\text{Entropie } E(A) = \frac{A \cap \bar{A}}{A \cup \bar{A}} = \frac{\frac{1}{3} + \frac{1}{4}}{\frac{2}{3} + \frac{3}{4}} = \frac{\frac{7}{12}}{\frac{17}{12}} = \frac{7 \times 12}{12 \times 17} = \frac{84}{204} = 0.412.$$

Die Menge A ist also zu  $\sim 41\%$  vage. Entropie bedeutet anders formuliert: „Verletzung des Gesetzes vom Widerspruch geteilt durch die Verletzung des Gesetzes vom Ausgeschlossenen Dritten.“ (McNeill/Freiburger 1994, S. 293). D. h., je mehr A-und-nichtA und A-oder-nichtA *zusammen* gilt, desto größer ist die Entropie, desto unschärfer ist die unscharfe Menge, desto fuzziger ist die unscharfe Menge. Den größten Wert kann die Entropie im Mittelpunkt des Quadrats annehmen, dies ist der unschärfste Mengen-Punkt. In den Ecken dagegen ist A und  $\bar{A}$  immer 0, also gibt es keine Entropie. Der Grad der Unschärfe einer unscharfen Menge ist damit bestimmt durch die Ähnlichkeit zwischen einer Menge und ihrem Komplement und d. h. ebenfalls: durch den *Untermengigkeitsgrad*. Auch über die Unter- oder Teilmengigkeit lässt sich die Entropie mathematisch ausdrücken. Wenn wir zwei gewöhnliche Mengen [A, B] haben, dann soll für deren Untermengigkeitsverhältnis angegeben werden, welcher Anteil der Elemente von B in A liegt. Dies bedeutet für zwei Fuzzy-Mengen [A, B], wie Abbildung 7 zeigt, dass A-und-B diejenige Teilmenge von A ist, die am nächsten an B liegt und zugleich die Teilmenge von

Abbildung 7: Untermengigkeit



$$\text{Untermengigkeit von B zu A: } \text{Unt}(B,A) = \frac{|A \cap B|}{|B|}$$

B, die am nächsten an A liegt. Die beiden Rechtecke, die die Teilmengen der Menge A und der Menge B beschreiben, schneiden sich in dem dunkleren Rechteck und A-und-B ist die größte dieser Teilmengen. Die Menge A-und-B ist also die Bezugsmenge, für die B Untermenge sein kann.

Die Frage ist dann, wie groß das Verhältnis von der Menge B zur größten Teilmenge A-und-B ist, wie groß also der Durchschnitt von A-und-B verglichen mit B ist. Jetzt beziehen wir die Untermengigkeitsformel auf die Menge A und ihr Komplement, weil wir die Entropie der Menge A herleiten wollen und die Entropie dann 1 ist, wenn eine Menge und ihr Komplement identisch ist. Wir schauen also nun, inwieweit die Menge A und die Menge nichtA Untermengen sind. Wie gezeigt kann man dazu das Verhältnis der Mengen A-und-nichtA zu A-oder-nichtA betrachten, d. h., man schaut, wie groß der Durchschnitt von A-und-nichtA verglichen mit A-oder-nichtA ist. Die „Untermengigkeitsgleichung“ lautet

$$\text{Unt}(A \cup \bar{A}, A \cap \bar{A}) = \frac{\| (A \cup \bar{A}) \cap (A \cap \bar{A}) \|}{\| A \cup \bar{A} \|} = \frac{A \cap \bar{A}}{A \cup \bar{A}}.$$

Dies ist aber auch die Formel für die Entropie der Menge A. Die Untermengigkeit gibt demnach die Ähnlichkeit zweier Fuzzy-Mengen und damit die Entropie einer Teilmenge wieder. Was meint dies nun? „In Worten ausgedrückt, besagt diese Gleichung: ‚Die Fuzziness einer Menge ist der Grad, zu dem die Vereinigung von A mit nichtA im Durchschnitt von A und nichtA enthalten ist.‘ Das macht für nicht Fuzzy-gewohnte Menschen überhaupt keinen Sinn mehr: Die Vereinigung einer gewöhnlichen Menge mit ihrem Komplement ist ‚alles‘, der Durchschnitt ist ‚nichts‘, und die Fuzziness ist das Maß dafür, wie viel von Allem im Nichts enthalten ist? Aber für gewöhnliche Mengen ist die Fuzziness ja auch null, und je fuzziger eine Menge wird, um so mehr nähert sich der Bruch dem Wert 1 an, bis schließlich im Mittelpunkt des Fuzzy-Würfels alles miteinander eins wird.“ (Drösser 1994, S. 124 f.) Es ist so: Die Untermengigkeitsgleichung ist nichts anderes als die *fuzzy-logische Entropie* einer Menge. Damit haben Ähnlichkeit, Untermengigkeit und Entropie für Fuzzy-Mengen eine identische Bedeutung. An dieser Stelle kann nur angedeutet, aber nicht detailliert ausgeführt werden, dass aus diesem Ergebnis folgt, dass Fuzzy-Logik insofern ein übergeordnetes Konzept ist, als dass die mit Fuzzy-Logik modellierten Vagheiten nicht mit der Modellierung über die Wahrscheinlichkeitstheorie abgedeckt sind, während aber die relativen Häufigkeiten der Wahrscheinlichkeitstheorie im Rahmen der Fuzzy-Logik mittels Untermengigkeiten abgebildet werden können (Kron 2004: 152 ff.).<sup>7</sup> D. h., wir haben es mit einem typischen Beispiel für Reduktion in der Wissenschaft zu tun, mit der *Erklärung einer speziellen Theorie durch eine allgemeinere Theorie* (Esser 2000b, S. 10).

### *Fuzzy-logische Systeme*

Fuzzy-Logik ist praktisch von hohem Nutzen, da sich aufbauend auf diesen mathematischen Grundlagen auch recht einfach fuzzy-logische Systeme bauen lassen, wie sie bereits in vielen technischen Geräten vorkommen (Waschmaschinen, die Zoom-Automatik bei Kameras etc. Selbst das U-Bahn-System von Tokio wird mittels eines Fuzzy-Systems gesteuert. Siehe Zimmermann/Altrock 1994). Wie baut man ein solches System? Die Gebrauchsanleitung von Kosko (1995, S. 196 ff.) lautet: „Man baut ein Fuzzy-logisches System in drei Schritten. Zuerst wählt man die Substantive oder die Variablen aus. [...] Zweitens wählen wir die fuzzigen Mengen. [...] Als drittes wählen wir die Fuzzy-logischen Regeln aus.“ Bei diesen Regeln handelt es sich um einfach formulierte Wenn-Dann-Regeln, die die Parameterzusammenhänge beschreiben.<sup>8</sup> Der Input ist also eine reelle Eingangsgröße, die auf einer sprachlichen Ebene erst fuzzifiziert, dann den Regeln zugeführt und defuzzifiziert wird, so dass als Output wiederum eine reelle Stellgröße als Ergebnis gewonnen wird. Genauer: Die exakten Eingangswerte werden fuzzifiziert und deren Erfülltheitsgrade berechnet. Das ergibt den Fuzzy-Input, die Wenn-Prämissen der Regelmenge. Über die Fuzzy-Operatoren wird ermittelt, inwieweit dieser Input einen Fuzzy-Output, die dann-Prämisse, aktiviert. Dies wird für alle Regeln durchgeführt und alle aktivierten Dann-Prämissen bilden zusammen die Fuzzy-Ausgabemenge, die über die Defuzzifizierung in einen exakten Ausgangswert überführt wird. Der Vorteil der Verwendung von Fuzzy-Logik liegt in der einfachen Modellierung auch nicht-linearer, sozialer Zusammenhänge im Gegensatz etwa zu Differentialgleichungen, die für Steuerungshandeln oftmals nur schwierig zu erstellen sind, zumal wenn sie Nicht-Linearitäten und zeitvariante Parameter besitzen.<sup>9</sup>

Ich möchte die soziologische Nützlichkeit von Fuzzy-Logik nun an zwei Beispielen aufzeigen, erstens im Bereich der Empirie am Beispiel der „Qualitative-Comparative-Analysis“ und zweitens für die soziologische Theoriebildung am Beispiel der Handlungstheorie von Hartmut Esser.

#### **Der empirische Nutzen der Fuzzy-Logik: Das Beispiel Qualitative-Comparative-Analysis**

Den empirischen Nutzen der Verwendung von Fuzzy-Logik werde ich anhand des Beispiel der „Qualitative-Comparative-Analysis“ (QCA) verdeutlichen. Dies ist eine auf Boolescher Algebra basierende vergleichenden Methode, die 1987 ursprünglich ebenfalls von Charles C. Ragin entwickelt wurde. Es geht dabei um die *systematische* Feststellung der An- oder Abwesenheit eines für die theoretische Erklärung relevanten Faktors bzw. einer charakte-



ristischen Konfiguration von Faktoren durch vergleichende Verfahren. Die QCA operiert mit ausschließlich binär-codierten Variablen, d. h., im Sinne der Booleschen Algebra lassen sich alle logisch möglichen Konfigurationen durch die Anwesenheit (Wert 1) und Abwesenheit (Wert 0) einer Merkmalsausprägung ausdrücken.<sup>10</sup> Typischerweise handelt es sich dabei um Untersuchungen mit vielen Variablen und einer geringen Fallzahl, d. h., die Ausrichtung als ein „Mittelweg“ zwischen quantitativen und qualitativen Anwendungen ist besonders geeignet für so genannte „intermediate N“-Untersuchungen mit geringer Fallzahl ( $2 < N < 100$ ) (Aarebrot/Bakka 1997; Berg-Schlosser 2001, 2003; Rihoux 2003). Bei der theoriegesteuerten Auswahl der Fälle dient eine minimale Homogenität als Basis, darüber hinaus wird, ebenso wie bei den Variablen, eine möglichst große Heterogenität angestrebt. Das Ziel der Untersuchungen ist es, bezogen auf bestimmte Fall-Gruppen, gemeinsame, geringst-mögliche Elemente („prime implicants“) im Hinblick auf die abhängige Variable herauszufinden.<sup>11</sup> Einbezogen werden dabei alle logisch möglichen Kombinationen der erklärenden Bedingungen, um die untersuchten Fälle in kürzestmöglicher Weise zu beschreiben und Widersprüche aufzudecken. Auch solche Bedingungs-Kombinationen, die empirisch nicht vorkommen, können mittels sog. „simplifying assumptions“ integriert werden, um „erklärende Kurzformeln“ („*parsimonious explanations*“) zu entwickeln, mit deren Hilfe die Theoriebildung vorangetrieben werden kann. Auf diese Weise dient diese empirische Vergleichsmethode u. a. dazu, theoretische Hypothesen zu testen, zu falsifizieren und deren Reichweite auszuloten (siehe zur umfassenden Einführung in die Grundlagen dieser Methode De Meur/Rihoux 2002).

Die gewichtigste Kritik an dieser Methode ist, dass die Dichotomisierung zu einem enormen Informationsverlust führt (Goldthorpe 1997). Damit einher geht vor allem eine überzogene Reduktion sozialer Komplexität. Ähnlich überzogen ist außerdem das für QCA übliche *mechanische* Einbeziehen *aller* logisch möglichen Bedingungskonfigurationen („schwaches Gedankenexperiment“), was unter Umständen dazu führt, dass auch solche Bedingungskonfigurationen in die Analyse einbezogen werden, die empirisch unbeobachtbar (also empirisch unmöglich) sind (Markoff 1990; Romme 1995). Im Sinne von Ragins Ziel „des Dialogs von Theorie und Evidenz“ innerhalb der vergleichenden Analyse ist dieses Vorgehen unhaltbar.

Aus diesem Grund hat Ragin (2000, 2003, 2004; vgl. Pennings 2003) selbst Fuzzy-Logik als neue mathematische Grundlage für diese Methode eingeführt. Der Vorteil ist nun, dass dieses Analyseverfahren mittels fuzzy-logischer Operationen sowohl Unterschiede in der Art der (Konfigurationen von) Bedingungen („diversity of kinds“) als auch in den *Zugehörigkeitsgraden* („diversity of degree“) berücksichtigt. Diese beiden Parameter – Art und Grad – sind entscheidend für die Bestimmung sozialer Komplexität (Ragin 2000, S. 149 ff.). Durch die Anwendung von Fuzzy-Logik werden zudem for-

male Logik und verbale Formulierung näher zueinander gebracht, als dies etwa mit Boolescher Algebra möglich wäre. Sowohl die Festlegung der Variablen als auch der Zugehörigkeitsgrade werden nach theoretischen Überlegungen vorgenommen, sprachlich formuliert und formal modelliert. Auf diese Weise dient die fuzzy-logische Herangehensweise als interpretatives Werkzeug, das inhärent zu einer starken Korrespondenz von Theorie, Evidenz und formaler Logik zwingt.

Auch bei der fuzzy-logischen Analyse gilt die Konzentration den Konfigurationen bestimmter Bedingungen als kausale Faktoren (*chemical causation* im Sinne von John Stuart Mill) für ein soziales Explanandum. Das bedeutet, es werden – immer in starker Anlehnung an die verwendete Theorie sowie unter Berücksichtigung der fallspezifischen (z. B. historischen) Besonderheiten – diejenigen tatsächlichen und logisch möglichen Bedingungen herausgearbeitet, die in verschiedenen Konfigurationen hinreichend und/oder notwendig sind, um ein bestimmtes soziales Ereignis zu erzeugen (Goertz/Starr 2003; Ragin 1987). *Notwendig* ist eine Bedingung bzw. eine Konfiguration von Bedingungen dann, wenn das Explanandum (die abhängige Variable) eine Untermenge dieser Bedingungen darstellt. Bei *hinreichenden* Bedingungen dagegen ist die Bedingung eine Untermenge des Outcomes.<sup>12</sup> Auf diese Weise werden verschiedenartige „kausale Pfade“ sichtbar, die zu bestimmten gesellschaftlichen Entwicklungen führen. Der Einsatz von Fuzzy-Logik erlaubt nun mehr als zuvor, die inhaltliche Reichhaltigkeit der empirischen Fälle aufzunehmen (Berg-Schlosser 2003; Ragin 2000). Dies kann allerdings zu einer abnehmenden Generalisierung der Erklärung führen. Wo dies der Fall ist, wird eine systematische Reduktion der Bedingungskonfigurationen durchgeführt (Ragin 2004), die an den Fuzzy-Würfel von Kosko anschließt, da ausschließlich die Ecken des Würfels betrachtet werden. Durch den Einbezug theoriegeleiteter sowie empirisch geklärter „direktionaler Erwartungen“, die „starke Gedankenexperimente“ ermöglichen, wird die überzogene Reduktion der Komplexität bei der QCA im Rahmen des fuzzy-logischen Ansatzes zusätzlich korrigiert. Auf diese Weise führen die Forschungen wiederum zu *parsimonious explanations*,<sup>13</sup> die soviel Komplexität wie nötig aufnehmen und dabei so einfach wie möglich sind, wobei kontrafaktische Gedankenexperimente analytisch in die Untersuchung einbezogen werden (Ragin/Sonnett 2004; Tetlock/Belkin 1996).

Die Möglichkeit, im Rahmen der Qualitative-Comparative-Analysis mittels Fuzzy-Logik die notwendigen und hinreichenden (Konfigurationen von) kausalen Bedingungen ausfindig machen und dabei eine höhere soziale Komplexität berücksichtigen zu können, indem man sowohl Unterschiede in den Zugehörigkeitsgraden als auch in der Art der Bedingungskonfiguration in die Analyse integriert, darf als Vorteil der Verwendung von Fuzzy-Logik bei einer empirischen Methode gesehen werden. Doch auch für die Theoriebildung

sehe ich Chancen in der Verwendung von Fuzzy-Logik. Ich werde dies nun am Beispiel von Hartmut Essers (1999, 2000a, 2001, S. 259 ff., 2002, 2003a, 2003b, 2004) „Frame-Selektion-Modell“ beispielhaft demonstrieren.

### Der theoretische Nutzen der Fuzzy-Logik: Das Beispiel Frame-Selektion-Modell

Um die theoretischen Vorteile von Fuzzy-Logik zu demonstrieren, konzentriere mich beispielhaft auf die Handlungstheorie<sup>14</sup> von Hartmut Esser, dem sog. „Frame-Selektion-Modell“.<sup>15</sup> Dieses Modell verwendet als „Theoriekern“ die Wert-Erwartungstheorie als Selektionsalgorithmus, d. h. die mit der subjektiven Bewertung gewichtete Aufsummierung der subjektiven Erwartungen von Handlungskonsequenzen sowie der Selektion derjenigen Handlungsalternative, die letztlich das höchste Wert-Erwartungsgewicht aufweist (Nutzenmaximierung). Im Ergebnis zeigt sich, dass die Modellierung mit Fuzzy-Logik gegenüber diesem Modell mindestens zwei Vorteile mit sich bringt:

- (1) Der direkte Einbezug von Ambiguität (Erwartungsvagheit) in das Modell.
- (2) Der stärkere Zusammenhang von Situations- und Selektionslogik.

#### *Erwartungsvagheit in der Wert-Erwartungstheorie*

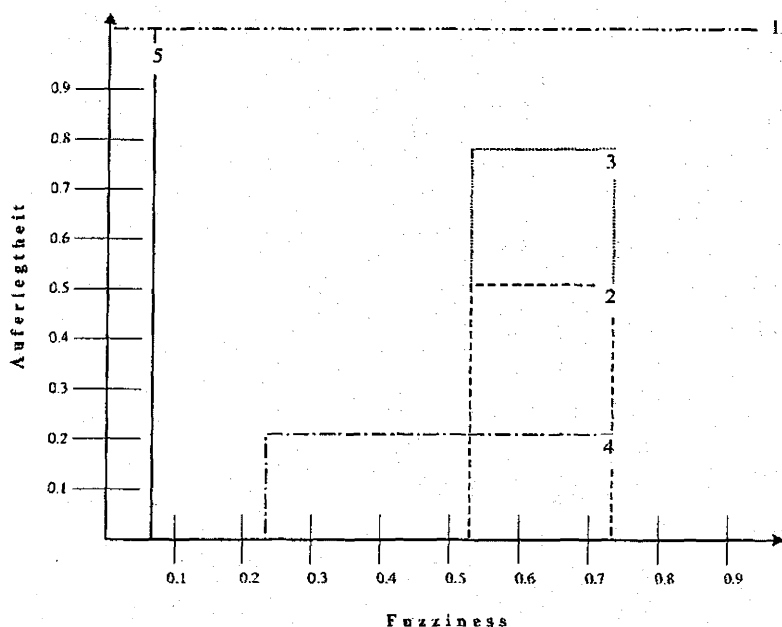
Würde man die soziologische Modellierung von Erwartungen an Fuzzy-Logik binden, hätte dies den Vorteil, dass mit der oben erläuterten fuzzy-logischen Entropie ein Maß für Ambiguität bereit stehen würde. Übertragen auf das Entscheidungshandeln von Akteuren heißt das: Es geht nicht um den prinzipiell präzise abwägenden Akteur, dessen Erwartungen nur deshalb vage sind, weil bestimmte Bedingungen nicht gegeben sind, er also z. B. nicht genügend Informationen hat. Modelliert man mittels Fuzzy-Logik den per se vagen Akteur, dann ist die Ambiguität einer Erwartung als Fuzzy-Menge deren Entropie, also deren Erwartungsvagheit. Man kann dann im Rahmen der Wert-Erwartungstheorie die Berechnung des Wert-Erwartungsgewichts einer Handlungsalternative auch in Abhängigkeit der Ambiguität der Erwartungen formalisieren. D. h., wenn die Erwartung  $p$  (als Fuzzy-Menge) einer Handlungsalternative  $A$  im Rahmen des „Fuzzy-Würfels“ von Kosko ermittelt ist, dann kann man, wie gezeigt, auch das Komplement dieser Menge sowie die Durchschnitts- und Vereinigungsmenge und damit die Erwartungsvagheit der Erwartung  $EV_{(A)}$  errechnen. Dieses Maß wird dann in die Kalkulationsregel der Erwartungsgewichte für Handlungsalternativen einbezogen:

$$EU(A) = \sum_i (p_i - (EV_{(A)} \cdot p_i)) \cdot U_i = \sum_i p_i \cdot (1 - EV_{(A)}) \cdot U_i.$$

Wenn also die Entropie 1 ist und damit völlige Ambiguität herrscht, dann heißt das, dass der Akteur völlig vage über seine wie auch immer getroffene Erwartung ist. Das Erwartungsgewicht für die Handlungsalternative wird folglich Null.<sup>16</sup> Ist der Akteur völlig sicher über seine Erwartung ( $EV_{(A)} = 0$ ), so dass keine Ambiguität vorliegt, dann (und nur dann!) gilt die Esser'sche Anschauung. Alle Werte zwischen Null und Eins reduzieren das Erwartungsgewicht der Handlungsalternative A entsprechend.

An dieser Stelle bietet sich die Möglichkeit an, die Erwartungsvagheit  $EV$  aus der Output-Fuzzy-Menge abzuleiten und dann in die Formel für die Wert-Erwartungsgewicht der einzelnen Handlungsalternativen  $i$  einzutragen (also  $EU_i = \sum (p_i - (EV_i \cdot p_i)) \cdot U_i$ ). Die Output-Menge kann durch zwei Dimensionen charakterisiert werden: Fuzziness und Auferlegtheit. Fuzziness meint die Unschärfe bzw. „Spannweite“ von Erwartungen. In den Beispielen der Abbildung 8 ist die Unschärfe für die Menge 4 mit einer Spannweite von ca. 0.22 bis 0.72 größer als jene der Mengen 2 und 3, wo die Spannweite von 0.52 bis 0.72 geht. Auferlegtheit meint die Sicherheit, mit der die Fuzziness gilt. Dazu gehe ich davon aus, je breiter die als Fläche dargestellte Fuzzy-Menge der Erwartung ist, desto größer ist die Fuzziness der Erwartung, und je höher die Zugehörigkeit ist, desto mehr gilt diese Fuzziness (desto mehr ist die

Abbildung 8: Erwartungsvagheiten



„Spannweite“ der Erwartungen auferlegt). Die Erwartungsvagheit  $EV$  berechnet sich über die Formel:

$$\text{Erwartungsvagheit } EV = \text{Fläche} \cdot \sqrt{\text{Grundlänge}}$$

Die Bedeutung dieser Ableitung kann in den in Abbildung 8 dargestellten Beispielen verdeutlicht werden:

Die Menge 1 in der Abbildung 8 ist die größte mögliche Erwartungsmenge, folglich muss über diese Menge die größte Erwartungsvagheit  $EV$  bestehen. Dies bestätigt die Formel:  $EV_{\text{Menge 1}} = (1.0 \cdot 1.0) \cdot \sqrt{1.0} = 1 = 100\%$ .

Die geringste Erwartungsvagheit besteht dagegen beim Singleton der scharfen Menge 5:  $EV_{\text{Menge 5}} = (0.0 \cdot 1.0) \cdot \sqrt{0.0} = 0 = 0\%$ .

Dies sind jene beiden soziologisch unrealistischen Fälle der Sicherheit bzw. der Ungewissheit. Interessanter sind deshalb die anderen Erwartungsmengen. Die Erwartungsmenge 2 ist, ablesbar an der Grundlänge der Fläche, genauso groß wie die Erwartungsmenge 3 (die Mengen haben die gleiche „Spannweite“), allerdings gilt die damit verbundene Vagheit zu einem geringeren Grad, d. h., sie ist weniger auferlegt, wie man an der unterschiedliche Zugehörigkeit (die Höhe der Mengen) sehen kann. Folglich gilt für die Erwartungsmenge 2 eine Erwartungsvagheit von

$$EV_{\text{Menge 2}} = (0.2 \cdot 0.5) \cdot \sqrt{0.2} = 0.1 \cdot 0.4472 = 0.04472 = \sim 4.5\%,$$

und für die Erwartungsmenge 3 gilt

$$EV_{\text{Menge 3}} = (0.2 \cdot 0.75) \cdot \sqrt{0.2} = 0.15 \cdot 0.4472 = 0.06708 = \sim 6.7\%.$$

Da die mit der Erwartungsmenge 3 verbundene Fuzziness mit einer etwas größeren Auferlegtheit gilt, ist die Erwartungsvagheit folglich etwas höher. Noch stärker als eine unterschiedliche Auferlegtheit wirkt sich die Spannweite der Erwartungsmengen aus, so dass man sagen kann, je breiter eine Erwartungsmenge (je fuzziger diese ist), desto größer ist die Erwartungsvagheit. Dies wiederum wird deutlich im Vergleich der Erwartungsmengen 2 und 4, die beide die gleiche Fläche haben. Für die Erwartungsmenge 4 gilt jedoch eine Erwartungsvagheit von

$$EV_{\text{Menge 4}} = (0.5 \cdot 0.2) \cdot \sqrt{0.5} = 0.1 \cdot 0.7071 = 0.077 = \sim 7.7\%.$$

D. h., die größere Vagheit der Erwartungsmenge wird nicht völlig durch eine geringe Auferlegtheit ausgeglichen. In dieser Interpretation wird die Ambiguität der Erwartungen verstanden als die mit der Auferlegtheit gewichtete Fuzziness einer Fuzzy-Menge. *Technisch* wird zur Berechnung nicht das oben gezeigte Entropiemaß verwendet. Die soziologische Bedeutung von Erwartungsvagheit und Entropie ist allerdings identisch, wenn man davon ausgeht, dass bei einer Erwartungsvagheit von 1 die dazugehörige Menge ihrem Komplement entspricht und man bei einer Erwartungsvagheit von 0 von einer scharfen Menge sprechen kann.

## Fuzzy-Logik zur Generierung von Brückenhypothesen

Ein weitere Möglichkeit ist nun, Fuzzy-Logik nicht nur zur Modellierung von Erwartungen im Rahmen der Logik der Selektion zu benutzen, sondern zugleich auch zur Generierung der Brückenthese zur Darlegung der Situationsdefinition. Fuzzy-Logik hat nämlich, wie gesagt, den Vorteil, dass „it refers to both to differences in kind (i. e. qualitative dimension) and to differences in degree of membership (i. e. quantitative differences) at the same time.“ (Ragin 2000, S. 149) D. h., mit Fuzzy-Logik ist man in der Lage, einfach die Komplexität des Sozialen – die Diversität in der Art und Weise sowie im Grad der Zugehörigkeit von verursachenden Bedingungen – für die soziologische Untersuchung handhabbar zu machen (Dimitrov/Korotkich 2001).<sup>17</sup> Die Herleitung der Brückenhypothesen mit Fuzzy-Logik bedeutet für die soziologische Handlungstheorie, dass mit *einer* Methode sowohl die Situationslogik spezifiziert als auch die Parameter der Erwartungen für die Selektionslogik beschrieben sind – und dies in einem Schritt. Die Brückenhypothesen werden in der Regel-Basis als Wenn-Dann-Aussagen formuliert. Sie beziehen sich somit, wie man bei der Modellierung von Erwartungen erkennen kann, nicht allein auf die Abschätzung von Handlungsfolgen im Zuge der Selektion einer Handlungsalternative, sondern berücksichtigen zugleich die weiteren vom Akteur als wichtig erachteten Umweltparameter mit. Theoretisch ist dies plausibel, denn woraus soll die für die Erklärung der Handlungsselektion notwendige Berücksichtigung von Erwartungen abgeleitet werden, wenn nicht aus der Situationsdefinition der Akteure? Gerade für die Modellierung der Beziehungen zwischen der Situation und den Orientierungen des Akteurs eignet sich die Anwendung von Fuzzy-Logik, da diese Beziehungsmuster, folgt man Alfred Schütz, eben nicht mittels Detailinterpretationen erfassbar sind. Um die Situationsdefinition als Ganzes zu erfassen sind zwar einige Details zur Information notwendig, aber wichtiger ist die Verbindung dieser Details zu einem bestimmten Muster, das die Situationsdefinition dann schließlich ausmacht. Mit Fuzzy-Logik wird im Vergleich zu Essers Frame-Selektion-Modell eine Art „unscharfe Mustererkennung“ durchgeführt, die über die detaillierte Betrachtung einzelner Framing-Prozesse hinausgeht (Vester 1999, S. 53 ff.). Es ist genau diese Reduktion auf wenige Parameter (hier: der Modellierung der Situationsdefinition), die dem Einsatz von Fuzzy-Logik z. B. in der Verfahrenstechnik zu enormen Effizienzsteigerungen verholfen hat.

An dieser Stelle kann man mit Hilfe der Fuzzy-Logik nicht nur formale Logik und verbale Formulierung sehr viel mehr als sonst üblich zusammenbringen, sondern es wird auch die notwendige Korrespondenz zwischen soziologischer Theorie und Formalisierung deutlich (Ziegler 1972). Die Formulierung „theoriereiche Brückenhypothesen“ bedeutet hier: „The researcher

must careful pay attention to the meaning of the concept, the empirical evidence used to index membership, and the criteria to establish qualitative breakpoints. Thus, investigators who use Fuzzy sets must maintain a much tighter coupling of theory and analytic technique than is typical of empirical social science." (Ragin 2000, S. 160 f.) Mit anderen Worten: Die Generierung von Brückenhypothesen über Fuzzy-Logik zwingt *endogen* zur Berücksichtigung empirischer Forschung – ein Zwang, der für die Formulierung soziologischer Theorien gut ist, denn Theorie ist ohne Empirie leer, genauso wie Empirie ohne Theorie blind ist. Damit wird Fuzzy-Logik zum interpretativen Werkzeug für die Soziologie, indem es den Dialog zwischen Ideen und Evidenz operationalisiert und dabei subjektive Erfahrung und Modellbildung passender aufeinander abstimmt: „Das Besondere der ‚Fuzzy logic‘ ist in der Tat, dass sie das unscharfe Wissen der realen Erfahrung nutzt, bei sich widersprechenden Informationen einen Kompromiss bildet und diesen umsetzt. Die Werte bleiben beweglich und berücksichtigen zudem die individuellen Randbedingungen. Damit ermöglicht ‚Fuzzy logic‘ ähnlich flexible Steuerungsprozesse, wie sie in natürlichen Ökosystemen stattfinden. Nicht genaue Messwerte sind dabei von Bedeutung, sondern Aktionsregeln.“ (Vester 1999, S. 180) Folgende Schritte sind zu beachten (vgl. Ragin 2000, S. 166 ff.):

1. Es müssen die relevanten Fuzzy-Mengen (linguistischen Variablen) festgelegt werden. Dabei wird semantisch bestimmt, welche Umweltparameter wie mit den Erwartungen (und ggf. Bewertungen) des Akteurs zusammenhängen. Da die Literatur zur Fuzzy-Logik sich kaum auf soziologische Anwendungsfelder bezieht, muss und kann die fuzzy-logische Modellierung an dieser Stelle an verschiedene theoretische und empirische Verfahren anschließen, also z. B. an das von Esser vorgeschlagene Prinzip der abnehmenden Abstraktion und die sozialen Produktionsfunktionen, aber auch an das AGIL-Schema von Parsons oder Münch (Berg-Schlosser 2003: 109). Es können ebenfalls sowohl quantitative wie qualitative empirische Ergebnisse die Formulierung anleiten. Die sorgfältige und möglich gut begründete Darlegung ist wichtig, weil die durch Fuzzy-Systeme erzeugten Ergebnisse sensibel gegenüber Fehlspezifikationen der Zuordnungsfunktion sein können.

2. Es müssen den Fuzzy-Mengen bestimmte Wertbereiche zugeordnet werden. Bei Erwartungen verläuft dieser von Null bis Eins.

3. Es müssen die relevanten Teilmengen der Fuzzy-Mengen definiert werden. Je nach empirischem Wissen wird die Reichweite der Teilmengen festgelegt. Man muss dazu die relevanten quantitativen Werte, die Grenzen der Fuzzy-Teilmengen bestimmen, die die „breakpoints“ ausmachen, z. B., ab welcher Temperatur man von „heiß“ spricht. Wiederum kann dafür das ganze Arsenal der empirisch-theoretischen Methoden eingesetzt werden. Oftmals

sind die empirischen Evidenzen für eine sehr differenzierte Bestimmung der breakpoints kaum vorhanden (die Datenlage ist manchmal zu dünn, nicht verfügbar, widersprüchlich, rein qualitativ usw.). Dann muss und kann man mit einem gröberen Raster arbeiten. Die Approximation durch grobe Fuzzy-Regeln führt nicht zwangsläufig zu einem „Steuerungsversagen“.

4. Die Regelbasis muss – wieder mehr oder weniger empirisch und theoretisch begründet – definiert werden (Bestimmung der Wenn-Dann-Regeln).

Wie gesagt, um die jeweiligen Zugehörigkeitsfunktionen zu bestimmen, kann Fuzzy-Logik an verschiedene Methoden anschließen. So eignen sich aus dem Bereich der empirischen Sozialforschung qualitative Methoden, etwa zur Repräsentation von Experten-Meinungen im Fuzzy-System ebenso wie quantitative Methoden oder Methoden wie Neuronale Netze, Genetische Algorithmen, die eher aus der Informatik kommen (Center/Verma 1998; Kosko 1992). Auf diese Weise kann man u. U. auch sehr einfach die Zugehörigkeitsfunktionen oder Wenn-Dann-Regeln bestimmen lassen.

Ich möchte nun kurz im Anschluss exemplarisch zeigen, wie man die Formulierung von Brückenhypothesen über Wenn-Dann-Hypothesen mit Hilfe von Fuzzy-Logik ausgestalten kann<sup>18</sup>, wobei es mir *nicht* darum geht, eine empirisch valide Modellierung vorzulegen, sondern um die anschauliche Exemplifikation der Möglichkeit, die Verbindung von Situation/Akteur einfach mit Wenn-Dann-Hypothesen zu gestalten, die als Fuzzy-Regeln modelliert werden. Dabei wird deutlich werden, dass sich aus der Fuzzy-Logik heraus zwar keine inhaltlichen Hypothesen ableiten lassen, dass diese sich aber zur *soziologischen* Formalisierung und Operationalisierung eignet.

Das folgende Beispiel beschreibt die Modellierung für einen Akteur als „emotional man“ (Flam 1990; Schimank 2000, S. 107 ff.) in einer Notsituation, d. h., es geht um den Einfluss seines „Gefühls der Gefährdung“ (man könnte auch sagen, es geht um den Einfluss seiner Angst) auf seine Handlungsselektion. Die für diesen Akteur in Betracht kommenden Handlungsfolgen sind „Gefühl der Sicherheit“/„Gefühl der Gefährdung“ und die Handlungsalternativen sind „Helfen“, „Bereitschaft anzeigen“, „Wegschauen (Ignorieren)“, „Weggehen“. Die Frage ist nun, welche Umweltparameter auf diesen Akteur einwirken, d. h., wie die Verbindung der Notsituation zu diesem „Sozial-Charakter“ zu ziehen ist. An dieser Stelle müsste nun wie bei jeder soziologischen Untersuchung zu Beginn die möglichst exakte *Beschreibung* der Situation erfolgen. Ich werde aber, da es mir nur um eine Veranschaulichung der Vorgehensweise geht, hier nur lose an empirische Ergebnisse anknüpfen.

Ich möchte kurz auf einige Erkenntnisse zumindest hinweisen (vgl. Carlson/Miller 1987; Latané/Nida 1981; Latané/Darley 1968, 1970; Meyer/Hermann 1999; Piliavin/Piliavin 1972; Schwind et al. 1998). Nach diesen empiri-



schen, meist sozial-psychologisch ausgerichteten Untersuchungen ist die Wahrscheinlichkeit für eine Hilfeleistung relativ hoch, wenn eine Person, die mit einer Notsituation konfrontiert wird, sich verantwortlich fühlt und ein gewisses Maß an potenzieller Gefährdung ausgeschlossen wird. Dieses Ergebnis wird gleich in die Modellierung aufgenommen. Ein wichtiger Parameter ist die *Anzahl beteiligter Personen*. Üblicherweise würde man annehmen, dass mit steigender Anzahl derjenigen, die bereits helfen, die Hilfsbereitschaft steigt. Auch dies werde ich so modellieren. Es sei aber erwähnt, dass ich hier in der Modellierung unberücksichtigt lasse, dass es genau entgegengesetzte Hinweise gibt, dass mit steigender Anzahl die Interventionswahrscheinlichkeit sinkt. Dieser „Zurückhaltungseffekt“ durch die Anwesenheit anderer Personen wird sozialpsychologisch durch drei Prozesse zu erklären versucht (Latané/Nida 1981, S. 309): (1) Wenn ein „Bystander“ die Notfallsituation falsch einschätzt, riskiert sie eine negative Bewertung ihres Handelns durch die anderen Personen. Hier wirkt die von Esser (1999, S. 91 ff.) betonte soziale Wertschätzung als Handlungsmotiv, die in diesem Fall die unterlassene Hilfeleistung als Ergebnis einer durch das Publikum ausgelösten Hemmung bedingt. (2) In uneindeutigen Situationen führt die Anwesenheit anderer Akteure zu einer wechselseitigen Anpassung der Interpretationen und Handlungen der Akteure. Um diese wechselseitigen Anpassungsprozesse auf eine gemeinsame Hilfeintervention auszurichten, müssen bestimmte Schwellenwerte überwunden werden, z. B. bezüglich des Kommunikationsflusses. Wenn Kommunikation zwischen den beteiligten Personen nicht oder nur schwer möglich ist, sinkt die Hilfsbereitschaft. Dagegen kann der verbale oder non-verbale Austausch von Informationen vor allem in eindeutigen Situationen ein Eingreifen erleichtern. In einem Experiment von Latané und Darley (1968, S. 378 ff.), in dem der Notfall nur akustisch wahrnehmbar war, halfen 85% der Personen, die alleine waren; 62% der Personen, die sich als Teil einer Gruppe mit drei Personen begriffen; und 31% der Personen, die dachten, es wären noch sechs andere Personen in der Nähe. Wenn überhaupt geholfen wurde, dann dauerte es mit ansteigender Zahl beteiligter Akteure länger, bis geholfen wurde. (3) Die Anwesenheit anderer Personen reduziert die psychologischen Kosten der unterlassenen Hilfeleistung, was Letztere wahrscheinlicher werden lässt. „Bystander“ orientieren sich offensichtlich eher an der Inaktivität der anderen als an deren Aktivität. Persönliche Verantwortung wird abgelehnt und eine kollektive Ignoranz produziert. Ebenfalls erwähnen möchte ich, dass selbstverständlich die Einfluss nehmenden situationalen und persönlichen Dispositionen in Wirklichkeit vielfältiger sind, als hier in der beispielhaften Verwendung deutlich wird, z. B. hinsichtlich Ort und Zeit des Ereignisses, Eindeutigkeit der Notfallsituation, Vorurteile der Personen, Charakterisierungen der Opfer, Umweltressourcen, Kommunikationsmöglichkeiten zwischen den „Bystander“ usw. Angst, Zeitdruck,

fehlende Empathie, fehlende Lernmöglichkeiten, fehlende soziale Normen usw. sind jene Faktoren, die in der Perspektive der „Bystander“ eine Hochkostensituation erzeugen, die die Akteure für Nutzen maximierendes Verhalten disponiert (Zintl 1989; vgl. speziell zum „Volunteer's dilemma“ Diekmann, 1985, 1992, 1993). Die Unterlassung der Hilfeleistung wird bevorzugt, um Kosten zu vermeiden, etwa den Ärger, den man sich einhandeln kann, wenn man zu sehr in die Privatsphäre anderer eindringt. D. h., das Ignorieren von Konfliktsituation wird aus Kostengründen zur Handlungsalternative, wie etwa bei dem Mord an dem 1½-jährigen Jungen James Buiger durch zwei 10-jährige Jungen im Herbst 1993. Diese haben James Buiger in einem Kaufhaus entführt, und kein Passant nahm daran Anstoß, dass der Kleine blutete. 3,5 Kilometer weiter – der Weg führte durch ein belebtes Stadtviertel – prägeln die beiden ihr Opfer mit einer Eisenstange zu Tode. In diesem Fall wurde nicht interveniert auf Grund der falschen Annahme einer brüderlichen Beziehung zwischen Opfer und Täter (Levine 1999).

Diese Beschreibung der Situationsdefinition erfolgt nun über die Festlegung der linguistischen Variablen und deren Wertbereiche, d. h., es werden die sinnsemantischen Beschreibungen der relevanten Situationsdefinitionen formalisiert. Dabei liegt die Annahme zu Grunde, dass vor allem zwei Umweltparameter für unseren Akteur wichtig sind: Zunächst die „Anzahl der Helfenden“, d. h., der Akteur als *emotional man* geht davon aus, dass die Gefahr geringer wird, je mehr andere „Bystander“ den Täter bereits attackieren. Zum anderen wird die Stärke des Täters beachtet. Je stärker dieser wirkt, desto größer schätzt der Akteur die Gefahr, selbst verletzt zu werden (oder, desto ängstlicher ist der Akteur). Anhand von Interviews mit Bystandern bezüglich der Frage, wie viele Akteure geholfen haben, findet man in den Antworten oftmals die Unterteilung in vier Wertbereiche vor (keiner, wenige, einige, viele), denen allerdings keine eindeutigen numerischen Zahlen zugeordnet werden. Ähnlich vage Antworten erhält man bei Beschreibungen der Stärke der Täter.

Zunächst werden also die Fuzzy-Mengen und deren Wertbereiche festgelegt und damit die subjektive Sicht des Akteurs über die Anzahl bereits Helfender bzw. über die „Kampfkraft“ des „Täters“ formal modelliert (Abbildungen 9 und 10, S. 75). Dies sind die Eingangsvariablen, die in das Fuzzy-System eingespeist werden. Die Ausgangsvariable ist in unserem Beispiel das „Gefühl der Gefährdung“ des Akteurs als *emotional man*, an dem besonders deutlich wird, wie einfach sogar Gefühle fuzzy-logisch formalisiert werden können (Abbildung 11, S. 76).

Abbildung 9: Fuzzy-Menge der Anzahl Helfender

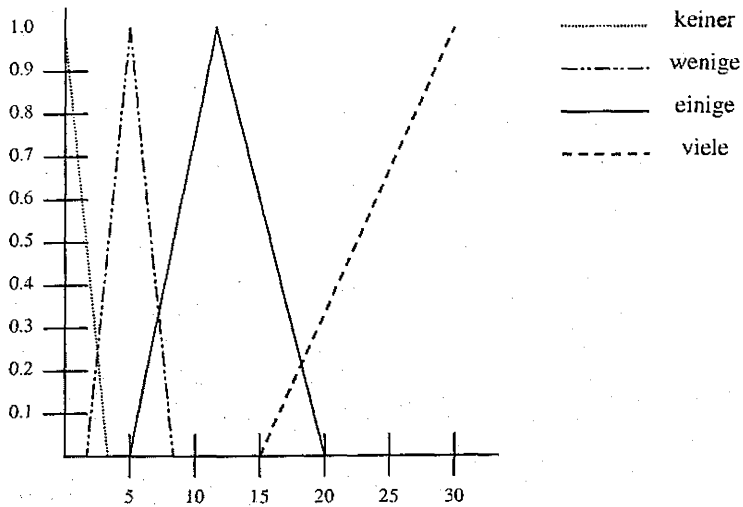


Abbildung 10: Fuzzy-Menge „Kampfkraft des Täters“

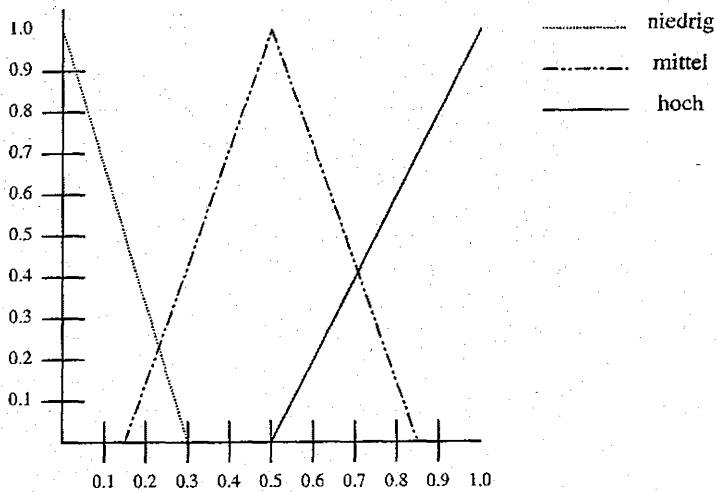
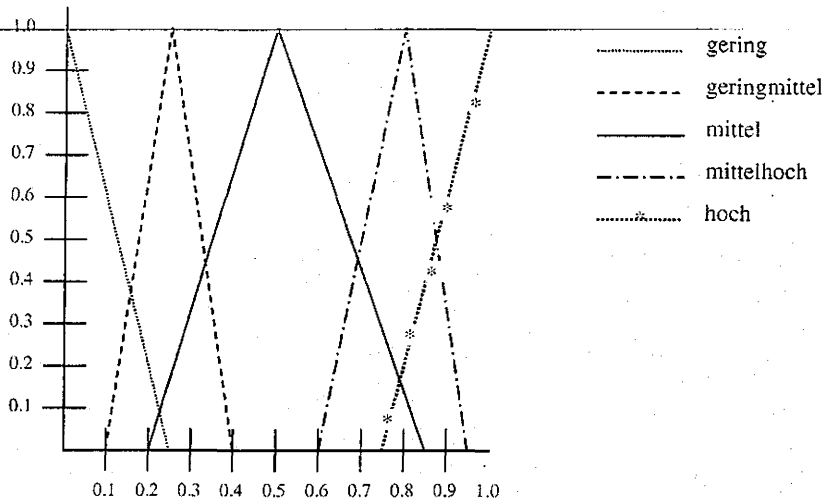
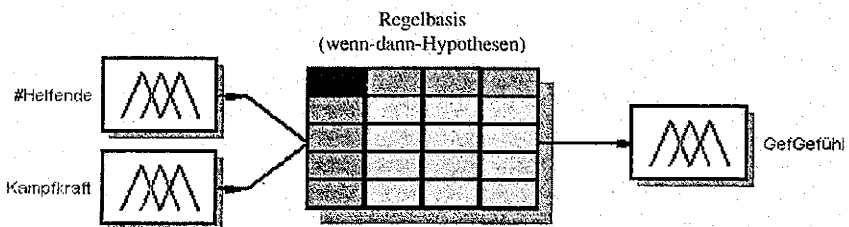


Abbildung 11: Fuzzy-Menge „Gefühl der Gefährdung“



Das gesamte fuzzy-logische System hat in diesem Beispiel also folgende Gestalt (Abbildung 12):

Abbildung 12: Aufbau des fuzzy-logischen Systems



Nun kommen die Brückenhypothesen ins Spiel, d. h., es werden die fuzzy-logischen Verbindungen zwischen den Situationsparametern (Eingangsvariablen) und dem Akteur (Ausgangsvariable) mit einfachen Wenn-Dann-Regeln beschrieben. Der Vorteil ist offensichtlich: Man kann die (wie wir gleich sehen werden: nicht-linearen) Zusammenhänge zwischen Situation und Akteur sehr einfach, nämlich mit beschreibenden Worten, modellieren. Zudem ist der Aufwand relativ gering, denn wie man in der Regel-Tabelle sieht, ge-

nügen in dem Beispiel bereits 12 Regeln, um das komplexe Verhältnis des Fuzzy-Systems genau zu beschreiben (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Wenn-Dann-Regeln**

	Anzahl Helfende	Kampfkraft des Täters	Gefühl der Gefährdung
1	keiner	niedrig	geringmittel
2	keiner	mittel	mittelhoch
3	keiner	hoch	hoch
4	wenige	niedrig	geringmittel
5	wenige	mittel	mittel
6	wenige	hoch	mittelhoch
7	einige	niedrig	geringmittel
8	einige	mittel	mittel
9	einige	hoch	mittelhoch
10	viele	niedrig	gering
11	viele	mittel	geringmittel
12	viele	hoch	mittelhoch

Nehmen wir nun beispielhaft an, der Akteur als ein reiner *emotional man*, der Angst hat, überlegt einzugreifen und zu helfen (weil er damit u. U. die Angst auslösende Situation beseitigen helfen könnte). Wenn er dieser Handlungsalternative folgen würde, so nehmen wir weiter an, dann würden in dieser Notsituation 15 weitere Akteure gegen einen Täter (oder eine Tätergruppe) helfen, der „ziemlich stark“ (mittel bis hoch) ist. Zunächst wird die Anzahl der Helfenden sowie die „Kampfkraft des Täters“ eingestellt (Abbildungen 13 und 14, S. 78).

Nun wird in dem Fuzzy-System berechnet, welche Zugehörigkeiten sich aus den Werten der Eingangsvariablen für die Handlungsfolge „Gefühl der Gefährdung“ ergeben. Im Ergebnis zeigt sich, dass drei Fuzzy-Ausgangsmengen partiell aktiviert werden („geringmittel“ zu einem Grad von 0.12, „mittel“ zu einem Grad von 0.29, „mittelhoch“ zu einem Grad von 0.43). Daraus ergibt sich nach der oben gezeigten Möglichkeit der Berechnung von Erwartungsvagheit aus der Ergebnis-Fuzzymenge ein de-fuzzifizierter Wert von 58.31 für die Menge „Gefühl der Gefährdung“. Dies ist der Wert, den das Fuzzy-System als Output ausgibt und der dann z. B. als Erwartung  $p$  in der Wert-Erwartungs-Matrize eingetragen werden kann. Mit anderen Worten, der Akteur erwartet, dass sich bei ihm ein Gefährdungsgefühl mit dem Grad  $\sim 58\%$  (sowohl gefährdet als auch fast nicht gefährdet) einstellen wird, wenn er gegen den Täter vorgeht (Abbildung 15, S. 79).<sup>19</sup>

Abbildung 13: Einstellung „Anzahl Helfender“

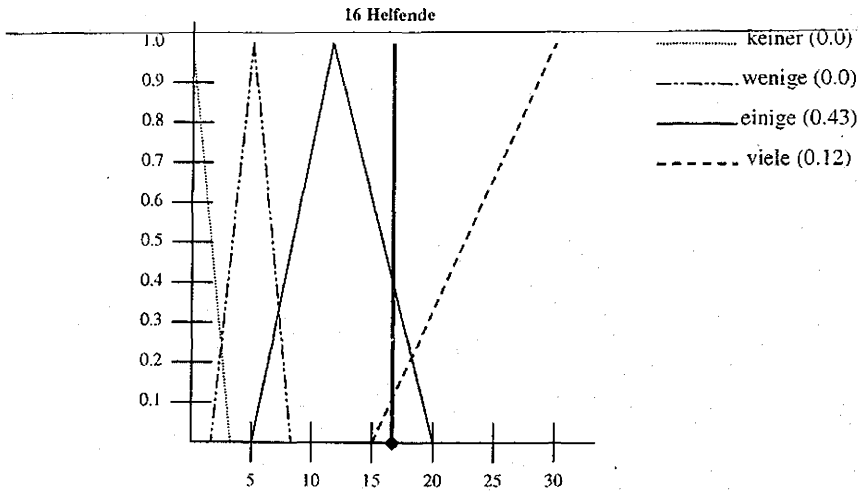


Abbildung 14: Einstellung „Kampfkraft des Täters“

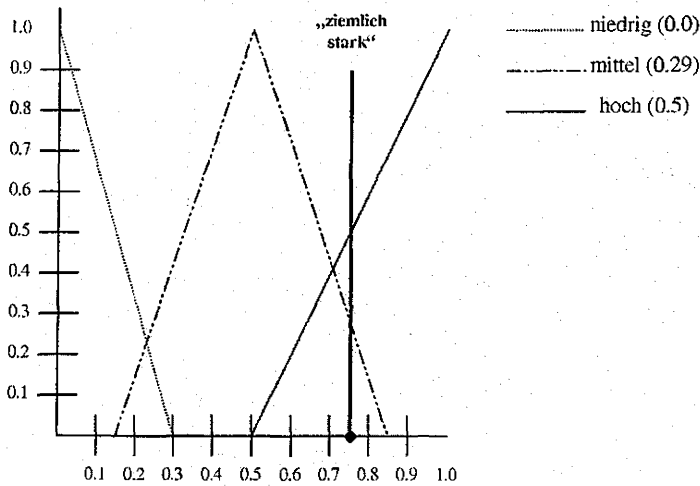
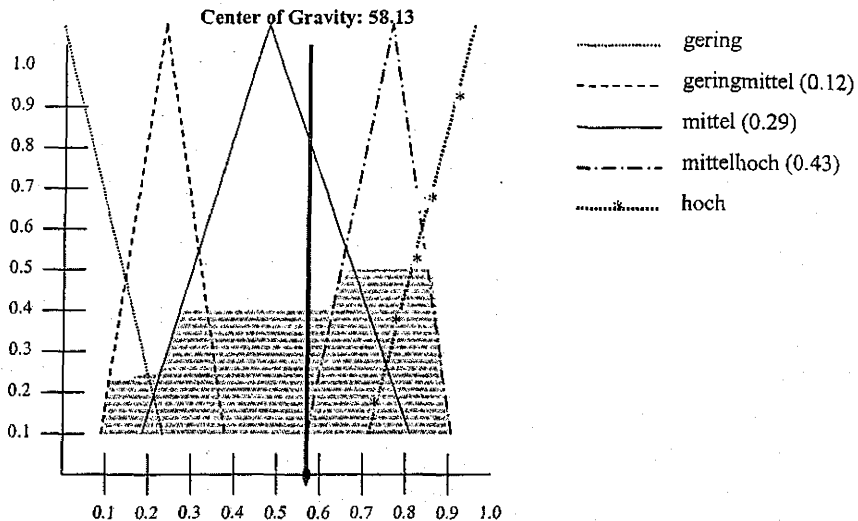
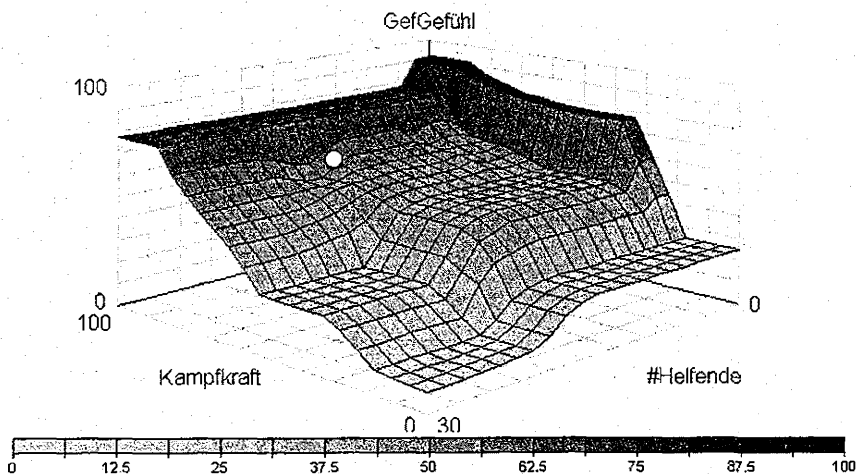


Abbildung 15: Ergebnis-Fuzzy-Menge „Gefühl der Gefährdung“



Dieser Erwartungs-Wert kann dargestellt werden als Punkt in einer dreidimensionalen Fläche, die das nicht-lineare Verhältnis dieser Umwelt-Akteur-Verbindung veranschaulicht (Abbildung 16):

Abbildung 16: Nicht-linearer Zusammenhang der Situationsdefinition



Zudem kann diesem Erwartungs-Wert nach der oben beschriebenen Herleitung ein Erwartungsvagheitswert  $EV$  (zur Erinnerung:  $EV = \text{Fläche} \cdot \sqrt{\text{Grundlänge}}$ ) von  $\sim 0.226$  zugeschrieben werden (d. h., der recht fuzzige Erwartungswert von 58.31 ist in diesem Fall zu 22,6% ambiguent), der wiederum als Gewichtungsfaktor in die Wert-Erwartungs-Matrize einhergeht:

$$EU(\text{Helfen}_{\text{Emotional Man}}) = 0.58 \cdot (1 - 0.226)) \cdot U_{\text{Helfen}} = 0.44892 \cdot U_{\text{Helfen}}.$$

Die Erwartungsvagheit  $EV$  senkt damit den Erwartungswert  $p$  für die Handlungsalternative „Helfen“ in diesem Fall um  $\sim 13\%$  auf Grund der recht starken Ambiguität der Erwartung des Akteurs als emotional man, in Abhängigkeit von der Abschätzung über die relevanten situativen Parameter seiner Umwelt (hier „Kampfkraft des Täters“ und „Anzahl Helfende“). In dieser Weise kann man für alle Handlungsalternativen fortfahren und mittels Wenn-Dann-Hypothesen, die dem Fuzzy-System zugleich als Regelbasis dienen, die Brückenhypothesen zur Modellierung der Situation-Akteur-Relationen beschreiben.

## Schluss

Fuzzy-Logik ist eine an die klassische Mengenlehre anschließende mathematische Theorie zur exakten Modellierung und Berechnung von „Fuzziness“ (Vagheiten, Ambiguitäten etc.). Mit Fuzzy-Logik kann man Wahrscheinlichkeiten abbilden, während die Logik der Wahrscheinlichkeitstheorie keine unscharfen Mengen zulässt, bei denen eine Menge zugleich ihrem Komplement entspricht. Insofern ist Fuzzy-Logik als ein übergeordnetes Konzept zu begreifen. Mit dieser möglichen Gleichzeitigkeit von Gegensätzen „widerspricht“ Fuzzy-Logik den Axiomen vom Ausgeschlossenen Dritten sowie vom Widerspruch, was dazu führt, dass Paradoxa wie etwa das Sorites-Paradox und ähnliche Paradoxa – in der Entscheidungstheorie oftmals auch als „Anomalien“ charakterisiert – modellierbar werden.<sup>20</sup> Im Bereich technischer Anwendungen haben sich fuzzy-logische Systeme bereits durchsetzen können, vor allem weil mittels Fuzzy-Logik die Komplexität der Umwelt besser operationalisiert, d. h., mit wenigen Regeln hinreichend abgebildet werden kann, was zu einer anwenderfreundlichen Robustheit führt. Diese Eigenschaften kann man für sozialwissenschaftliche Analysen fruchtbar machen, wie gezeigt z. B. durch die Beschreibung von Brückenhypothesen mit einfachen Wenn-Dann-Regeln, durch die selbst nicht-lineare Zusammenhänge einfach modellierbar sind. Genauer: Der empirische Einsatz von Fuzzy-Logik erlaubt, wie am Beispiel der „Qualitative-Comparative-Analysis“ aufgeführt, die Analyse der kausalen Komplexität, wobei Theorie und Evidenz bei der Verwendung von Fuzzy-Logik mehr als zuvor aufeinander abgestimmt wer-



den. In einem theoretischen Bezugsrahmen kann Fuzzy-Logik an verschiedenen Stellen eingesetzt werden, z. B. wie dargestellt für die akteurtheoretische Modellierung der Situations- und Selektionslogik.

Damit sind m. E. genügend Indizien gesammelt, die es lohnenswert erscheinen lassen, fuzzy-logische Operationen auch in anderen Bereichen versuchsweise anzuwenden.

## Anmerkungen

- 1 Für hilfreiche Anregungen und Kommentare danke ich der Hagerer Forschergruppe um Uwe Schimank sowie den anonymen Gutachtern. Besonderen Dank bin ich den Informatikern Andre Skusa und Christian W. G. Lasarczyk schuldig: Ersterer hat mich auf die Eignung der Fuzzy-Logik für die soziologische akteurtheoretische Modellierung überhaupt erst aufmerksam gemacht; Letzterer hat mir mit viel Geduld immer wieder zu erklären versucht, was Fuzzy-Logik nicht leisten kann. Der Kontakt zur Informatik wurde möglich im Rahmen eines Projekts innerhalb des DFG-Schwerpunktprogramms „Sozionik“ (SPP 1077).
- 2 Ich verwende folgende Notation in den mathematischen Formeln: „ $\cap$ “ bedeutet „und“; „ $\cup$ “ bedeutet „oder“, und „ $\bar{A}$ “ meint „nicht A“ im Gegensatz zu „A“.
- 3 „Die Historiker der Ideengeschichte haben gezeigt, dass es für das archaische und noch für das antike Denken charakteristisch ist, alles auf Gegensatzpaare zu reduzieren: Tag – Nacht, sterblich – unsterblich, essbar – nicht essbar, beweglich – unbeweglich etc. Dieses Charakteristikum wird beibehalten in der ersten Phase der wissenschaftlichen Behandlung eines Problems: wie der Neurophysiologe zu Beginn des Jahrhunderts alles auf ein Zusammenspiel von Reiz und Hemmung reduzieren wollte, so gerät der Soziologe [...] in die Versuchung, alles in Termini [...] von Paaren ähnlicher Gegensätze zu erklären. Zweifellos weisen einige reale Systeme, seien sie physische, seien es kulturelle, polare Charakteristik auf. Aber sie weisen auch andere auf, die es nicht sind. Die moderne Wissenschaft hat gezeigt, dass die Realität nicht in die polaren Schemata passt, sei es das von Pythagoras, sei es das von Hegel: die polaren Systeme sind die Ausnahme, nicht die Regel.“ (Bunge 1983, S. 141) Und an gleicher Stelle heißt es ein paar Zeilen weiter: „Diese Philosophie [der Bivalenz, T. K.] beginnt damit, die einander widersprechenden Komponenten oder Aspekte des fraglichen Systems auszusondern und findet in diesen Gegensätzen den Motor ihrer Entwicklung [...]. Diese Art der Erklärung ist so primitiv, wie die Dichotomisierung, die ihr vorausgeht, und ebenso unvereinbar mit einer wissenschaftlichen Betrachtung der Welt.“
- 4 Oft auch als „Vagheit“ (Keefe/Smith, 1997a, 1997b; Sainsbury 1997) bezeichnet.
- 5 Schon Bunge hat sich früh für die (sozial-)wissenschaftliche Verwendung von Zugehörigkeitsgraden ausgesprochen: „Es scheint anerkannt zu sein, dass Argentinien ein abhängiges Land ist und ebenso, dass Kanada unabhängig ist. Die Begriffe, die in diesem Fall eine Rolle spielen, sind dichotomisch, d. h. vom Typ schwarz-weiß. Tatsächlich gibt es Grade von Abhängigkeiten. Z. B. ist Argenti-

nien zwar in mancher Hinsicht abhängig, aber nicht in jeder, und es ist weniger abhängig als Paraguay. Es ist also offensichtlich, dass wir einen differenzierteren Begriff brauchen: man muss von Abhängigkeit in bestimmter Hinsicht und in bestimmten Graden sprechen. Eine Analyse der Situation in Termini dieser Begriffe böte einer exakteren Beschreibung Raum und würde vielleicht den Weg öffnen für Theorien im engeren Sinne" (Bunge 1983, S. 127).

- 6 Allerdings bleibt bei dieser Interpretation das Verhältnis des Abstands zur Größe der Mengen unberücksichtigt (die Nähe zur leeren Menge im Fuzzy-Mengenwürfel). Deshalb gewichtet man den Abstand zweier Mengen A und B noch mit der Größe ihrer Vereinigungsmenge, um ihre Ähnlichkeit zu bestimmen:

$$\text{Ähnlichkeit der Mengen A und B: } \text{Ähn}(A,B) = 1 - \frac{d(A,B)}{\|A \cup B\|}$$

- 7 Kosko (1995, S. 81 ff.) konnte nachweisen, dass der Spezialfall (Wahrscheinlichkeitstheorie) unter besonderen Randbedingungen der allgemeinen Theorie (Fuzzy-Logik) vorkommt (als „Ecken“ in dem Fuzzy-Mengenwürfel) und dass durch die allgemeinere Theorie bestimmte Anomalien der speziellen Theorie aufgehoben werden (Berücksichtigung unscharfer Mengen). Bei Fuzzy-Logik steckt, wie Kosko (1995, S. 63 ff.) es formuliert, die *Wahrscheinlichkeit als das Ganze im Teil*. Fuzzy-logisch betrachtet ist das Verhältnis von einer Menge B zu einer Menge A wie oben gezeigt durch die Untermengigkeit von Menge B zu Menge A bestimmt. D. h., die Untermengigkeit  $\text{Unt}(B,A)$  ist bei scharfen Mengen nichts anderes als das Verhältnis der Anzahl günstiger zur Anzahl möglicher Ereignisse (relative Häufigkeit) – und damit das Ganze B im Teil A. Da man für die relative Häufigkeit diejenige Menge A betrachtet, die in der Menge B liegt, ist die Menge A-und-B identisch mit der Menge A und somit die Untermengigkeitsformel identisch mit der Wahrscheinlichkeitsformel.
- 8 Auf eine geometrische Abbildung übertragen wären diese Regeln Flächen als Produkt von zwei Dreiecken, die die unscharfen Mengen verknüpfen. Man könnte alle Regel-Verknüpfungen als derartige sich überlappende Flächen darstellen. Diese überdecken damit eine Input-Output-Linie, mit u. U. nicht-linearem Verlauf: Das nicht-lineare Fuzzy-System hat sich der nicht-linearen Funktion angenähert – ohne eine Gleichung: „Hier lösen sich Fuzzy-logische Systeme von der alten Wissenschaft. Der technische Ausdruck dafür ist *modellfreie Abschätzung* oder *Approximation*. Man tut dies jedes Mal, wenn man sein Auto rückwärts fährt, einen Ball fängt oder auf den Fernsehschirm schaut und ein Bild im Gehirn entsteht.“ (Kosko 1995, S. 203) Der Vorteil für die Soziologie besteht darin, dass man mit Fuzzy-Logik diese dynamische „alltägliche Approximation“ einfach nachbilden kann, ohne auf allzu vereinfachende als-ob-Annahmen zurückgreifen zu müssen, von denen man dann vorher schon weiß, dass sie von der Wirklichkeit sehr stark abstrahieren.
- 9 Für konkrete Beispiel siehe Drösser (1994, S. 93 ff.), Kahlert/Frank (1993), Kosko (1995, S. 191 ff., 2001), Kron (2004c, S. 176 ff.).
- 10 Das Etikett „qualitativ“ entspringt dieser bivalenten Logik und ist demnach *nicht* mit den sozialwissenschaftlich gängigen „Qualitativen Methoden“ zu verwechseln.

- 11 Dafür wird in der qualitativ-vergleichende Analyse (QCA) der sog. Quine/McCluskey-Algorithmus verwendet. Dieser Algorithmus ist vor allem entwickelt worden, um minimale Testmuster einer Schaltung herauszufinden, z. B. um die Kosten zu minimieren, wenn die Funktionstüchtigkeit von Schaltkreisen getestet werden soll, ohne jeden Knoten des Schaltkreises separat zu überprüfen. Siehe zu dieser Booleschen Minimierung Ragin (1987, S. 93 ff.).
- 12 Zum Untermengigkeitsprinzip siehe oben sowie Drösser (1994, S. 52 ff.), Kron (2004c, S. 164 ff.).
- 13 Ragin (2000, S. 136 ff., S. 231 ff.) verwendet zur fuzzy-logischen Minimierung die sog. „Containment-Rule“, d. h. gesucht werden Bedingungen oder Bedingungskonfigurationen, die innerhalb anderer Bedingungskonfigurationen enthalten sind und somit auf Grund dieser logischen Redundanz ausgeschlossen werden können, um zu erklärenden Kurzformeln zu gelangen. Wenn z. B. die Bedingungskonfigurationen „A und B und C“ sowie „A und B“ als Untermengen des Outcomes identifiziert werden, dann kann die Konfiguration „A und B und C“ eliminiert werden, da die Menge dieser Bedingungen eine Untermenge der Menge „A und B“ und folglich redundant ist.
- 14 Für die systemtheoretische Perspektive wäre sicherlich Ähnliches möglich. Man bedenke, dass „a distinction is fuzzy is not necessarily fatal. Some of our most useful distinctions – like that between night and day – cannot be drawn sharply, but most of the time we have little difficulty with them.“ (Sayer 2000, S. 4) Richard Münchs „Voluntaristische Handlungstheorie“ (1982, 1984) etwa ist ein Versuch, mit dem Interpenetrationstheorem eine alternative Anschauung zur eher bivalenten Modellierung sozialer Systeme von Niklas Luhmann (Kron/Winter 2005; Martens 1995a, 1995b, 2000) zu etablieren. Allerdings krankt die Theorie Münchs an einer Unvollständigkeit in der genauen Darlegung der Erzeugung von Interpenetrationen im Handeln (Kron 2004b; vgl. Schmid 2005).
- 15 Das von Esser entwickelte „Frame-Selektion-Modell“ wird – zumal Esser damit den Anspruch verbindet, eine „General Theory of Action“ entwickelt zu haben – derzeit kontrovers diskutiert (Greve 2003; Kron 2004a; Lepperhoff 2000; Rohwer 2003; Schimank/Kron/Greshoff 2002; Schräpler 2001) und dürfte wohl als eine der interessantesten handlungstheoretischen Fortentwicklungen gelten. Ich verzichte an dieser Stelle aus Platzgründen auf eine ausführliche Darstellung des Frame-Selektion-Modells und setze dies als hinreichend bekannt voraus.
- 16 
$$EU(A) = \sum (p_i - (1 \cdot p_i)) \cdot U_i = 0 \cdot U_i = 0$$
- 17 Im Gegensatz zu Essers Vorgehensweise ist die Modellierung mit Fuzzy-Logik folglich für die empirische Arbeit „günstiger“, weil sie mit Ungenauigkeiten arbeiten kann und nicht wie bei Esser ein empirisch ziemlich hoher Aufwand getrieben werden muss, um die notwendige Genauigkeit, z. B. bei der Ermittlung der genauen Prozentangaben für die Erwartungen, herzustellen. Anders formuliert: „The goal of fuzzy theory, however, is to establish a mathematical theory to deal with subjectivity, given any membership values. Note, that it is not to objectively deal with subjectivity. [...] Fuzzy theory is NOT a fuzzily defined theory. It is a mathematical theory to deal with ambiguities using quantified descriptions in ex-

act methods. [...] the object is uncertain, but the method is not uncertain." (Mukaidono 2001, S. 30)

- 18 Ich beziehe mich hier aus Platzgründen ausschließlich auf die Modellierung von Erwartungen. Für Bewertungen wäre ähnliches möglich.
- 19 Die Berechnungen wurden mit dem Fuzzy-System FLOP von Kahlert/Frank (1993) durchgeführt. Die Abbildungen sind nicht diesem Programm entnommen, sondern mit Ausnahme der Abbildungen 12 und 16 „per Hand“ (d. h. innerhalb von „Word“) erstellt.
- 20 Die Bedeutung des Sorites-Paradox lässt sich beispielhaft gut veranschaulichen. Gegeben sei ein Sandhaufen. Man nimmt ein Sandkorn weg. Ist es immer noch ein Sandhaufen? Ja. Das ändert sich auch nicht, wenn man ein zweites oder drittes Sandkorn wegnimmt. Irgendwann bleibt aber nur noch ein Sandkorn übrig. Wann hat der Sandhaufen aufgehört, einer zu sein? Der Übergang von Sandhaufen zu Nicht-Sandhaufen ist fließend, die Beschreibung mit Wahrscheinlichkeiten (z. B. „Wenn 85% der Sandkörner weggenommen wurden, haben wir keinen Sandhaufen mehr.“) wäre es nicht. Solche Paradoxa gibt es mehrere (siehe McNeill/Freiburger 1994, S. 39 f.; McNeill/Thro 1994; Sainsbury 2001). Um nur ein weiteres herauszugreifen: Jedes Tier kann nur einer Spezies oder Art angehören. Da es aber viele Arten gibt, musste es zu verschiedenen Zeiten der Evolution Tierjunge gegeben haben, die einer anderen Art angehören als die Eltern. Dies ist genetisch nicht möglich (Woodger'sche Paradox). Bekannt ist auch das Paradox wahrer und falscher Aussagen, das in verschiedenen Varianten vorkommt: Wenn ich schreibe: „Dieser Satz ist falsch!“ Stimmt die Aussage des Satzes? Oder angenommen, man würde sich selbst beschreibende Adjektive (wie kurz, deutsch, vielsilbig) als autologisch bezeichnen und alle sich nicht selbst beschreibenden Adjektive als heterologisch. Beschreibt „heterologisch“ dann sich selbst? Und: Nehmen wir an, alle Kreter lügen. Ein Kreter sagt: „Ich lüge. Ist seine Aussage wahr oder falsch? Fuzzy-Logik lässt in dem Sinne komplexere Operationen als etwa die Wahrscheinlichkeitstheorie zu, weil sie in der Lage ist, derartige Paradoxa exakt zu beschreiben, zu modellieren und innerhalb von Steuerungssystemen zu berechnen.

## Literatur

- Aaerbro, Frank H./Pal H. Bakka; 1997: Die vergleichende Methode in der Politikwissenschaft. In: Berg-Schlosser, Dirk/Ferdinand Müller-Rommel (Hrsg.): Vergleichende Politikwissenschaft. Opladen: 49–66.
- Berg-Schlosser, Dirk; 2001: Comparative Studies – Method and Design. In: Smelser, Neil J./Paul B. Baltes (Hrsg.): International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences. Oxford: 2427–2433.
- Berg-Schlosser, Dirk; 2003: Makro-Qualitative vergleichende Methoden. In: Berg-Schlosser, Dirk/Ferdinand Müller-Rommel (Hrsg.) Vergleichende Politikwissenschaft. Opladen: 103–125.
- Bunge, Mario, 1983: Epistemologie. Aktuelle Fragen der Wissenschaftstheorie. Mannheim, Wien, Zürich.

- Carlson, Michael/Norman Miller; 1987: Explanation of the Relation Between Negative Mood and Helping. In: Psychological Bulletin, H. 1: 94–108.
- Center, Brian/Brahm P. Verma; 1998: Fuzzy Logic for Biological and Agricultural Systems. In: Artificial Intelligence Review, 12: 213–225.
- De Meur, Gisèle/Benoît Rihoux; 2002: L'Analyse Quali-Quantitative Comparée (AQQC-QCA). Louvain-La-Neuve.
- Diekmann, Andreas; 1985: Volunteer's Dilemma. In: Journal of Conflict Resolution 29: 605–610.
- Diekmann, Andreas; 1992: Soziale Dilemmata. Modelle, Typisierungen und empirische Resultate. In: Andreß, Hans Jürgen et al. (Hrsg.): Theorie, Daten, Methoden: neue Modelle und Verfahrensweisen in den Sozialwissenschaften. München: 177–203.
- Diekmann, Andreas; 1993: Cooperation in an Asymmetric Volunteer's Dilemma Game. Theory and Experimental Evidence. In: International Journal of Game Theory, 22: 75–85.
- Dimitrov, Vladimir/Victor Korotich; 2001: Social Fuzziology. A Framework for the New Millennium. Heidelberg.
- Drösser, Christoph; 1994: Fuzzy Logic. Methodische Einführung in krauses Denken. Reinbek.
- Esser, Hartmut; 1993: Soziologie – Allgemeine Grundlagen. Frankfurt/Main, New York.
- Esser, Hartmut; 1999: Soziologie. Spezielle Grundlagen. Band 1: Situationslogik und Handeln. Frankfurt/Main, New York.
- Esser, Hartmut; 2000a: Normen als Frames: Das Problem der „Unbedingtheit“ des normativen Handelns. In: Metze, Regina/Mühler, Kurt/Karl-Dieter Opp (Hrsg.): Normen und Institutionen. Entstehung und Wirkungen. Leipzig: 137–155.
- Esser, Hartmut; 2000b: Soziologie. Spezielle Grundlagen. Band 2: Die Konstruktion der Gesellschaft. Frankfurt/Main, New York.
- Esser, Hartmut; 2001: Soziologie – Spezielle Grundlagen. Bd. 6: Sinn und Kultur. Frankfurt/Main, New York.
- Esser, Hartmut; 2002: In guten wie in schlechten Tagen? Das Framing der Ehe und das Risiko zur Scheidung. Eine Anwendung und ein Test des Modells der Frame-Selektion. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, H. 1: 27–63.
- Esser, Hartmut; 2003a: Die Rationalität der Werte. Die Typen des Handelns und das Modell der soziologischen Erklärung. In: Bienfait, Agathe/Gert Albert/Claus Wendt/Steffen Sigmund (Hrsg.): Das Weber Paradigma. Tübingen: 154–188.
- Esser, Hartmut; 2003b: Institutionen als „Modelle“. Zum Problem der „Geltung“ von institutionellen Regeln und zur These von der Eigenständigkeit einer „Logic of Appropriateness“. In: Schmid, Michael/Andrea Maurer (Hrsg.): Ökonomischer und soziologischer Institutionalismus. Interdisziplinäre Beiträge und Perspektiven der Institutionentheorie und -analyse. Marburg: 47–72.
- Esser, Hartmut; 2004: Wertrationalität. In: Diekmann, Andreas/Thomas Voss (Hrsg.): Rational-Choice-Theorie in den Sozialwissenschaften. München: 97–112.
- Flam, Helena; 1990: Emotional Man I. The Emotional Man and the Problem of Collective Action. In: International Sociology, H. 1: 39–56.

- Goldthorpe, John H.; 1997: Current Issues in Comparative Macrosociology. In: Comparative Social Research. Vol. 16: 1–26.
- Greve, Jens; 2003: Handlungserklärung und die zwei Rationalitäten – neuere Ansätze zur Integration von Wert- und Zweckrationalität in ein Handlungsmodell. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, H. 4: 621–653.
- Hempel, Carl G.; 1939: Vagueness and Logic. In: Philosophy of Science 6: 163–180.
- Kahlert, Jörg/Hubert Frank; 1993: Fuzzy-Logik und Fuzzy-Control. Eine anwendungsorientierte Einführung. Braunschweig/Wiesbaden.
- Keefe, Rosanna/Smith, Peter (Hrsg.); 1997a: Vagueness: A Reader. Cambridge, London.
- Keefe, Rosanna/Smith, Peter; 1997b: Introduction: Theories of Vagueness. In: Keefe, Rosanna/Smith, Peter (Hrsg.): Vagueness: A Reader. Cambridge, London: 1–57.
- Kosko, Bart; 1992: Neural Networks and Fuzzy Systems. A Dynamical Approach to Machine Intelligence. Englewood Cliffs.
- Kosko, Bart; 1994: The Probability Monopol. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 2, No. 1: 32–33.
- Kosko, Bart; 1995: Fuzzy logisch. Eine neue Art des Denkens. Düsseldorf.
- Kosko, Bart; 1997: Fuzzy Engineering. Prentice Hall.
- Kosko, Bart; 2001: Die Zukunft ist fuzzy. Unscharfe Logik verändert die Welt. München, Zürich.
- Kron, Thomas/Lars Winter; 2005: Zum bivalenten Denken bei Niklas Luhmann, Hartmut Esser und Max Weber. In: Greshoff, Rainer (Hrsg.): Die integrative Sozialtheorie von Hartmut Esser im Spiegel der Konzeptionen von Max Weber und Niklas Luhmann. Wiesbaden (im Druck).
- Kron, Thomas; 2004a: General Theory of Action? Inkonsistenzen in der Handlungstheorie von Hartmut Esser. In: Zeitschrift für Soziologie, H. 3: 186–205.
- Kron, Thomas; 2004b: Probleme der Voluntaristischen Handlungstheorie von Richard Münch. In: Schweizerische Zeitschrift für Soziologie, H. 1: 35–58.
- Kron, Thomas; 2004c: Der komplizierte Akteur. Vorschlag für einen integralen akteurtheoretischen Bezugsrahmen. Habilitationsschrift, FernUniversität in Hagen.
- Latané, Bibb/John M. Darley; 1968: Group Inhibition of Bystander Intervention in Emergencies. In: Journal of Personality and Social Psychology, No. 3: 215–221.
- Latané, Bibb/John M. Darley; 1970: The Unresponsive Bystander. Why Doesn't He Help? Englewood Cliffs, New Jersey.
- Latané, Bibb/Steve Nida; 1981: Ten Years of Research on Group Size and Helping. In: Psychological Bulletin: 308–324.
- Lepperhoff, Niels; 2001: Dreamscape: Simulation der Entstehung von Normen im Naturzustand mittels eines computerbasierten Modells des Rational-Choice-Ansatzes. In: Zeitschrift für Soziologie, H. 6: 463–484.
- Levine, Mark; 1999: Rethinking Bystander Non-Intervention: Social Categorization and the Evidence of Witnesses at the James Bulger Murder Trial. In: Human Relations, H. 9: 1133–1155.
- Li, Shaomin; 1989: Measuring the Fuzziness of Human Thoughts: An Application of Fuzzy Sets to Sociological Research. In: Journal of Mathematical Sociology, Vol. 14, H. 1: 67–84.

- Martens, Will; 1995a: Der verhängnisvolle Unterschied. In: Zeitschrift für Soziologie, H. 3: 229–234.
- Martens, Will; 1995b: Die Selbigkeit des Differenten. Über die Erzeugung und Beschreibung sozialer Einheiten. In: Soziale Systeme, H. 2: 301–328.
- Martens, Will; 2000: Gegenstände und Eigenschaften. Vom Nutzen einer einfachen philosophischen Unterscheidung. In: Merz-Benz, Peter-Ulrich/Gerhard Wagner (Hrsg.): Die Logik der Systeme: zur Kritik der systemtheoretischen Soziologie Niklas Luhmanns. Konstanz: 257–302.
- Mayntz, Renate; 1967: Modellkonstruktion: Ansatz, Typen und Zweck In: Mayntz, Renate (Hrsg.): Formalisierte Modelle in der Soziologie. Neuwied, Berlin: 11–31.
- McNeill, Daniel/Paul Freiburger; 1994: Fuzzy Logic. Die „unscharfe“ Logik erobert die Technik. München.
- McNeill, Martin/Ellen Thro; 1994: Fuzzy-Logic. A Practical Approach. Boston et al.
- Meyer, Gerd/Angela Hermann; 1999: „... normalerweise hätt' da schon jemand eingreifen müssen.“ Zivilcourage im Alltag von Berufsschülerinnen. Studien zu Politik und Wissenschaft. Schwalbach/Ts.
- Montgomery, James D.; 2000: The Self as a Fuzzy Set of Roles, Role Theory as a Fuzzy System. In: Sociological Methodology, Vol. 30: 261–314.
- Mukaidono, Masao; 2001: Fuzzy Logic for Beginners. Singapore et al.
- Münch, Richard; 1982: Theorie des Handelns. Frankfurt/Main.
- Münch, Richard; 1984: Die Struktur der Moderne. Frankfurt/Main.
- Ott, Notburga; 2000: Unsicherheit, Unschärfe und rationales Entscheiden. Die Anwendung von Fuzzy-Methoden in der Entscheidungstheorie. Heidelberg.
- Pennings, Paul; 2003: The Methodology of the Fuzzy-Set Logic. In: Pickel, Susanne et al. (Hrsg.): Vergleichende politikwissenschaftliche Methoden. Neue Entwicklungen und Perspektiven. Wiesbaden: 87–103.
- Piliavin, Jane Allyn/Irving M. Piliavin (1972): Effect of Blood on Reactions to a Victim. In: Journal of Personality and Social Psychology, H. 3: 353–361.
- Pipino, Leo L./John P. van Gigh; 1981: Potential Impact of Fuzzy Sets on the Social Sciences. In: Cybernetics and Systems 12: 21–35.
- Ragin, Charles C./John Sonnett; 2004: Between Complexity and Parsimony: Limited Diversity, Counterfactual Cases, and Comparative Analysis. In: Kropp, Sabine/Michael Minkenberg (Hrsg.): Vergleichen in der Politikwissenschaft. Wiesbaden (im Erscheinen).
- Ragin, Charles C.; 1987: The Comparative Method. Moving Beyond Qualitative and Quantitative Strategies. Berkeley, Los Angeles.
- Ragin, Charles C.; 2000: Fuzzy-Set Social Science. Chicago, London.
- Ragin, Charles C.; 2003: Recent Advances in Fuzzy-Set Methods and their Application to Policy Questions. Working Paper (<http://www.compass.org/Ragin2003.pdf>).
- Ragin, Charles C.; 2004: From Fuzzy Sets to Crispy Truth Tables. Working Paper (<http://www.compass.org/RaginFSForthcoming.pdf>).
- Rihoux, Benoît; 2003: Bridging the Gap between the Qualitative and Quantitative Worlds? A Retrospective and Prospective View on Qualitative Comparative Analysis. In: Field Methods. No. 4: 351–365.

- Rohwer, Götzt; 2003: Modelle ohne Akteure. Hartmut Essers Erklärung von Scheidungen. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, H. 3: 340–358.
- Romme, A. Georges L.; 1995: Boolean Comparative Analysis of Qualitative Data: A Methodological Note. In: Quality and Quantity 29: 317–329.
- Rommelfanger, Heinrich J./Susanne H. Eickemeier; 2001: Entscheidungstheorie. Klassische Konzepte und Fuzzy-Erweiterungen. Berlin, Heidelberg.
- Sainsbury, R. Mark; 1997: Concepts Without Boundaries: In: Keefe, Rosanna/Smith, Peter (Hrsg.): Vagueness: A Reader. Cambridge, London: 251–264.
- Sainsbury, R. Mark; 2001: Paradoxien. Stuttgart.
- Sayer, Andrew; 2000: Realism and Social Science. London, Thousand Oaks, New Delhi.
- Schimank, Uwe; 2000: Handeln und Strukturen. Einführung in die akteurtheoretische Soziologie. Weinheim, München.
- Schimank, Uwe/Rainer Greshoff/Thomas Kron; 2002: Soziologisches Survival-Six-pack – Hartmut Essers „Soziologie – Spezielle Grundlagen“. In: Soziologische Revue, 25: 351–366.
- Schimank, Uwe; 2000: Handeln und Strukturen. Einführung in die akteurtheoretische Soziologie. Weinheim, München.
- Schmid, Michael; 2004: Rationales Handeln und soziale Prozesse. Beiträge zur soziologischen Theoriebildung. Wiesbaden.
- Schmid, Michael; 2005: Soziale Mechanismen und soziologische Erklärungen. In: Aretz, Hans-Jürgen/Lahusen, Christian (Hrsg.): Die Ordnung der Gesellschaft. Festschrift zum 60. Geburtstag von Richard Münch. Frankfurt/Main u. a.: 35–82.
- Schräpler, Jörg-Peter; 2001: Spontaneität oder Reflexion? Die Wahl des Informationsverarbeitungsmodus in Entscheidungssituationen. In: Analyse & Kritik, H. 1: 21–42.
- Schwind, Hans-Dieter et al. (1998): Alle gaffen . . . keiner hilft. Unterlassene Hilfeleistung bei Unfällen und Straftaten. Hühig.
- Smithson, Michael; 1988: Fuzzy Set Theory and the Social Sciences: The Scope for Applications. In: Fuzzy Set and Systems 26: 1–21.
- Tetlock, Philip E./Aaron Belkin (Hrsg.); 1996: Counterfactual Thought Experiments in World Politics. Princeton.
- Vester, Frederic; 1999: Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. München.
- Zhang, Joshua/Charles J. Brody/James D. Wright; 1994: Sociological Applications of Fuzzy Classification Analysis. In: Applied Behavioral Science Review, H. 2: 171–186.
- Ziegler, Rolf; 1972: Theorie und Modell. Der Beitrag der Formalisierung zur soziologischen Theoriebildung. Oldenbourg: München.
- Zimmermann, Hans-Jürgen/Constantin von Altröck; 1994: Fuzzy Logic. Band 2: Anwendungen. München, Wien.
- Zintl, Reinhard (1989): Der Homo Oeconomicus: Ausnahmeerscheinung in jeder Situation oder Jedermann in Ausnahmesituationen? In: Analyse & Kritik, H. 1: 52–69.



# Forschungsnotiz

Bettina Stadler

## Daten zum österreichischen Arbeitsmarkt

### Die Arbeitskräfteerhebung der Statistik Austria

Dieser Beitrag stellt eine in ihrem jetzigen Umfang und Design neue und einzigartige Erhebung in Österreich vor – die Arbeitskräfteerhebung der Statistik Austria. Ziel ist es, auf die mit dieser Erhebung verbundenen Möglichkeiten für Sekundäranalysen hinzuweisen. Dies erscheint vor allem deshalb wichtig, weil bei Re-Design der Erhebung und der Herstellung von analysefähigen Datensätzen große Anstrengungen in Richtung Transparenz und leichte Verfügbarkeit der Daten für solche Analysen unternommen wurden. Mit dieser Erhebung werden Einzeldaten erzeugt, die vierteljährlich zusammengefasst werden, d. h., ein Datensatz bildet ein Quartal ab. Nach wie vor muss ein Kostenbeitrag für den kompletten Datensatz eingehoben werden.<sup>1</sup> Ein verkleinertes Sample steht zu Testzwecken gratis auf der Homepage der Statistik Austria zur Verfügung.

### Vorgeschichte: Der Mikrozensus in Österreich<sup>2</sup>

Bis ins Jahr 2003 wurde in Österreich die Arbeitskräfteerhebung im Rahmen des „alten Mikrozensus“ durchgeführt. Diese Erhebung wurde im Jahr 1967 gestartet (vgl. Klein 1993: 7). ExpertInnen der International Labour Organisation (ILO) propagierten zu dieser Zeit in allen Ländern die Einrichtung von *Arbeitskräftestichproben*. Im damaligen Österreichischen Statistischen Zentralamt wurde die Entscheidung getroffen, nicht nur eine Befragung von Arbeitskräften durchzuführen, sondern eine *Mehrzweckstichprobe* zu starten und damit Fragen zur Wohnung, zu Haushalt und Familie und zum Arbeitsmarkt in einer Erhebung zusammenzufassen. Diese Erhebung war gleichzeitig als Überbrückung zwischen den in 10-Jahres-Abständen stattfindenden *Volkszählungen* gedacht. Im Rahmen der „kleinen Volkszählung“ wurden somit beginnend mit 1967 in Österreich auch Fragen zu Erwerbstätigkeit und Arbeitslosigkeit gestellt. Andere Länder hatten schon zu diesem Zeitpunkt entschieden, eine eigene Erhebung für die ILO-Arbeitskräftebefragung ins Leben zu rufen.